



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Mejoramiento de las propiedades de la subrasante aplicando fibras de  
biorresiduos avícolas y vegetales en la carretera Choquequirao-Cusco

2022

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

**AUTORAS:**

Choquehuanca Arizaca, Lucero (ORCID: 0000-0003-1919-1356)

Zavaleta Loaiza, Veronica (ORCID: 0000-0002-9610-1564)

**ASESOR:**

Dr. Vargas Chacaltana Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-4136-7189)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA - PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

Estoy muy agradecida con mi familia, María, Yoni, Marleny y Franklin gracias por todo hermana María, fuiste una madre más para mí, me enseñaste muchas cosas gracias por estar siempre a mi lado. Marleny cumpliste la función de un padre agradezco toda la confianza y amor que me diste, Papá Daniel, Mamá Manuela padres queridos gracias por estar siempre conmigo y a mi esposo Krisstian gracias por su apoyo incondicional que siempre me diste a Mis suegro gracias por los consejos. A mi compañera de trabajo Verónica Este trabajo va dedicados a todos ustedes que me apoyaron cuando más los necesitaba los quiero mucho. Lucero

Este trabajo va dedicado a Dios por concederme la oportunidad de conseguir mis objetivos a mi familia en especial a mis padres Jesús y Marina, mis hermanos Luis Alfredo, Carlos Jesús a mis sobrinos: Calet y Benjamín que hicieron posible este logro, el cual siempre estuvieron ahí para darme la fortaleza y la sabiduría para seguir adelante y no desvanecer ante el primer obstáculo que se me presento. Verónica

## **Agradecimientos**

En primer lugar agradecer a Dios por darme vida y fuerzas durante este tiempo así mismo a mis padres que me dieron la vida que gracias a ellos estoy en este mundo y por todo el amor que me dieron. Agradezco a mis hermanas mayores que siempre estuvieron conmigo en los mejores momentos de mi vida al igual que en las malas nunca dejaron de creer en mí y gracias a su apoyo estoy logrando un gran logro en mi vida profesional, las agradezco bastante queridas hermanas. Nunca olvidare todo lo que hicieron para que yo logre ser una gran ingeniera. Lucero

A Dios por darme la dicha de existir, gracias por cuidar de mi persona y de las demás personas que amo que son mi familia y por todo lo recibido a lo largo de estos años, a la universidad, a nuestro asesor que tuvo la paciencia de conllevarnos a culminar este trabajo y a las personas que fueron parte de este logro de tan anhelado título profesional como ingeniero civil. Verónica.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos .....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras .....	vi
Resumen .....	ix
Abstract.....	x
I.- INTRODUCCIÓN .....	1
II.MARCO TEÓRICO.....	5
III.METODOLOGÍA.....	23
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	23
3.2. Variables de operacionalización .....	24
3.3. Población, muestra y muestreo .....	25
3.4. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos .....	27
3.5. Procedimientos.....	28
3.6. Método de análisis de los datos .....	30
3.7. Aspectos éticos.....	30
IV. RESULTADOS.....	31
V.DISCUSIÓN.....	55
VI. CONCLUSIONES .....	68
VII. RECOMENDACIONES.....	71
REFERENCIAS.....	73
ANEXOS.....	77

## Índice de tablas

Tabla 1.	Algunas fibras naturales según su origen.....	12
Tabla 2.	Clasificación granulométrica de los suelos.....	16
Tabla 3.	Símbolo de grupos (sucs).....	17
Tabla 4.	Clasificación de suelos (aastho).....	18
Tabla 5.	Clasificación de suelos según el índice de plasticidad. ....	19
Tabla 6.	Valores típicos de consistencia .....	20
Tabla 7.	Ubicación de la carretera.....	33
Tabla 8.	Granulometría para la calicata n°01. ....	36
Tabla 9.	Granulometría para la calicata n°02. ....	37
Tabla 10.	Resultados del contenido de humedad suelo natural.....	38
Tabla 11.	Clasificación de suelos según sucs y aastho.....	39
Tabla 12.	Índice de plasticidad añadiendo 0%,0.5%,0.7%,1%,1.5% de biorresiduos vegetales. ....	40
Tabla 13.	Índice de plasticidad añadiendo 0%,0.5%,0.7%,1%,1.5% de biorresiduos avícolas.....	41
Tabla 14.	Contenido óptimo de humedad y máxima densidad con adición de biorresiduos avícolas.....	43
Tabla 15.	Contenido óptimo de humedad y máxima densidad seca con vegetales.....	44
Tabla 16.	Resultado con adición de biorresiduos vegetales y avícolas. ....	47
Tabla 17.	Resultados de cbr con adición de biorresiduos vegetales y avícolas.	48
Tabla 18.	Presupuesto bienes y servicios.....	102
Tabla 19.	Presupuesto de materiales .....	102
Tabla 20.	Presupuesto de gastos de campo.....	102
Tabla 21.	Presupuesto de ensayos de laboratorio.....	103
Tabla 22.	Presupuesto total.....	103

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1.	carretera sin pavimentar.....	5
Figura 2.	composición del suelo. ....	11
Figura 3.	tipo de suelo. ....	11
Figura 4.	fibra de seda de maíz-biorresiduo vegetal.....	12
Figura 5.	organización de la estructura. ....	12
Figura 6.	partes de la pluma de pollo. ....	13
Figura 7.	subrasante del suelo. ....	14
Figura 8.	máquina para la estabilización de suelos. ....	15
Figura 9.	esquema de pesos específicos. ....	15
Figura 10.	curva granulométrica de un suelo. ....	16
Figura 11.	carta de plasticidad casagrande.....	19
Figura 12.	materiales para el proctor modificado.....	20
Figura 13.	representación gráfica de ensayo de compresión simple.....	21
Figura 14.	grafica del ensayo de compresión simple.....	21
Figura 15.	representación de la resistencia a la tracción en función de la cohesión.....	21
Figura 16.	procedimiento.....	28
Figura 17.	extracción de muestra de las calicatas n°01, n°02. ....	29
Figura 18.	mapa político del Perú. ....	31
Figura 19.	mapa político del departamento de Cusco. ....	31
Figura 20.	mapa de la provincia de Cusco. ....	32
Figura 21.	mapa del distrito de San Sebastián. ....	32
Figura 22.	recorrido a la zona de estudio. ....	33

Figura 23.	Muestras de las plumas de pollo y pelo de choclo. ....	35
Figura 24.	Muestras del tamizado .....	35
Figura 25.	Curva granulometría de la calicata n°02. ....	37
Figura 26.	Curva granulométrica calicata n°01 .....	38
Figura 27.	Porcentaje del suelo natural .....	39
Figura 28.	Valores de índice de plasticidad adicionando 0%,0.5%,0.7%,1%,1.5% de biorresiduos vegetales. ....	40
Figura 29.	Valores de índice de plasticidad incorporando 0%,0.5%,0.7%,1%,1.5% de biorresiduos avícolas. ....	42
Figura 30.	Muestra de los biorresiduos avícolas y vegetales. ....	43
Figura 31.	Muestra de los biorresiduos avícolas y vegetales al suelo natural	43
Figura 32.	Contenido óptimo de humedad, máxima densidad seca con biorresiduos avícolas.....	44
Figura 33.	Contenido óptimo de humedad y máxima densidad seca con adición de biorresiduos vegetales. ....	45
Figura 34.	Preparación de las probetas con adición de biorresiduos avícolas y vegetales.....	46
Figura 35.	Aplicación de carga axial a las muestras de las probetas. ....	46
Figura 36.	Resistencia a la compresión con adición de biorresiduos avícolas y vegetales.....	47
Figura 37.	Ensayo de cbr, con adición de biorresiduos avícolas y vegetales .	48
Figura 38.	Valores de cbr adicionando 0%,0.5%,0.7%,1%,1.5% de biorresiduos avícolas y vegetales.....	49
Figura 39.	Adición de biorresiduos avícolas y vegetales al suelo natural. ....	50
Figura 40.	Índice de plasticidad con adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales.....	50
Figura 41.	Contenido optimo de humedad con adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales.....	51

Figura 42.	Máxima densidad seca con adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales .....	52
figura 43.	Resistencia a la compresión con adición de biorresiduos avícolas y vegetales.....	53
Figura 44.	CBR con adición de fibra de biorresiduos avícolas y vegetales. ...	54

## Resumen

La investigación tuvo como objetivo determinar la influencia de la adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en las propiedades físico mecánicas del suelo para lo cual se usó la dosificación 0%,0.2%,0.7%,1%,1.5% para ambas variables con respecto a la muestra del suelo.

El trabajo de investigación fue desarrollado utilizando la metodología de tipo aplicada, diseño experimental de nivel explicativo - enfoque cuantitativo. La población está considerada por 3 km de la carretera Choquequirao las cuales tiene como muestra 3 calicatas .Los implementos que se usaron fueron las normas para obtener resultados confiables, se realizó los ensayos de Granulometría, Clasificación de Suelos por ASSHTO, SUCS, Limites de Consistencia, Proctor modificado y el ensayo de CBR. Se tiene los resultados donde se observa con adición de 10%,0.2%,0.7%,1%,1.5% para el Índice de Plasticidad en avícolas 7.89% a 4.91% en vegetales 17.03% a 10.85%; COH en avícolas de 15.30% a 10.10% para vegetales en 11.10% a 9.20%; MDS en avícolas de 1.54gr/cm<sup>3</sup> a 2.60gr/cm<sup>3</sup> -1.81gr/cm<sup>3</sup> a 1.83gr/cm<sup>3</sup>; Resistencia a la compresión de 3.01kg/cm<sup>2</sup> a 17.2% kg/cm<sup>2</sup> - 2.21 kg/cm<sup>2</sup>, 12.88 kg/cm<sup>2</sup>; CBR de 5.8% a 9.5% - 5.8% a 11.3%.

**Palabras clave:** biorresiduos avícolas, biorresiduos vegetales, mejoramiento, subrasante.

## Abstract

The objective of the research was to determine the influence of the addition of poultry and vegetable bio waste on the physical-mechanical properties of the soil, for which the dosage 0%, 0.2%, 0.7%, 1%, 1.5% was used for both variables with respect to the soil sample.

The research work was developed using the applied type methodology, explanatory level experimental design - quantitative approach. The population is considered to be 3 km from the Choquequirao highway, which has 3 test pits as a sample. The implements used were the standards to obtain reliable results, the tests of Granulometry, Soil Classification by ASSHTO, SUCS, Consistency Limits were carried out. , modified Proctor and the CBR assay. The results are obtained where it is observed with the addition of 10%, 0.2%, 0.7%, 1%, 1.5% for the Plasticity Index in poultry 7.89% to 4.91% in vegetables 17.03% to 10.85%; COH in poultry from 15.30% to 10.10% for vegetables in 11.10% to 9.20%; MDS in poultry from 1.54gr/cm<sup>3</sup> to 2.60gr/cm<sup>3</sup> -1.81gr/cm<sup>3</sup> to 1.83gr/cm<sup>3</sup>; Compressive strength of 3.01kg/cm<sup>2</sup> at 17.2% kg/cm<sup>2</sup> - 2.21 kg/cm<sup>2</sup>, 12.88 kg/cm<sup>2</sup>; CBR from 5.8% to 9.5% - 5.8% to 11.3%.

**Keywords:** poultry biowaste, vegetable biowaste, improvement, subgrade.

## I.- INTRODUCCIÓN

En los últimos años a Nivel internacional el tema de mitigación de impacto ambiental ha tomado mucha importancia debido a los fenómenos que vienen sucediendo a nivel mundial ocasionando desastres naturales, cambio climático en diferentes continentes debido a la contaminación y otros aspectos que influyen en todo lo referente a nuestro ecosistema .Es por ello que se busca dar solución buscando opciones como es el caso del uso excesivo del cemento que resulta ser un aditivo muy contaminante para el medio ambiente ya que su proceso de producción demanda mucha calor y contaminación por ser un aditivo muy nocivo. Es por ello que se busca reemplazar el uso del cemento en los diferentes campos donde el uso es más frecuente como es el mundo de la ingeniería a través de las construcciones (edificaciones, canales, pavimentos, puentes) al mismo tiempo se hace el uso y se logre restablecer las características de la subrasante, tales como el suelo – cemento. Es por ello la importancia a nivel mundial de encontrar otros aditivos que puedan reemplazar el cemento como es el caso del uso de biorresiduos avícolas como las plumas y biorresiduos de fibras de maíz. Países desarrollados como Japón ya viene implantando este aporte en adicionar biorresiduos avícolas para mejoramiento de la subrasante de una carretera teniendo como conclusión de que la agregación de biorresiduos avícolas restablezca las características mecánicas de la subrasante.

A nivel Nacional existe la necesidad de construcción de carreteras que conllevan al desarrollo nacional pero también se tiene conocimiento para que se puede llegar esto , el suelo debe cumplir todo lo requerido para que se puede emplazar un pavimento ya sea flexible o rígido es por con ello que se recurre al uso del cemento que es lo más común para que se pueda restablecer las características mecánicas del subrasante y ser factible como alternativa de solución para las carreteras, estas son ejecutadas a nivel mundial para lo cual con esta investigación se busca dar a conocer que pueden existir otros aditivos que pueden tener la misma funcionalidad como es el caso de los biorresiduos avícolas y vegetales aprovechando que en el Perú existen gran número de granjas, que tienen como rubro la crianza de pollos, el cual genera un desecho tales como las latas, cajas, plumas, aves en estado descomposición, a esto se suma el material particulado, aguas residuales y entre otros. Todo o ello representa un foco infeccioso cuando estos son desechados sin

ningún control siendo materia de enfermedades para la población al mismo tiempo representa contaminación al medio ambiente con todo lo desechado desconociendo las propiedades que tienen por ejemplo el uso de las plumas de las aves en el mejoramiento de la subrasante. Que se podría dar a conocer los resultados obtenidos de esta tesis donde se demuestra que tanto con el biorresiduo de la queratina de la pluma del pollo y las fibras seda de maíz pueden ser un aporte. Perú es la región que más produce choclo entre los cuales se encuentra el departamento de Junín, Lima, Ancash que son los más principales productores de choclo que de ahí proviene la fibra de seda de maíz que es motivo de investigación para mejorar las características físico mecánicas del suelo para subrasante, proponiendo el uso de la fibra vegetal y avícola al biorresiduo que es desechado sin ningún control desconociendo que se le puede dar uso productivo y servir como un medio económico para su utilización.

A nivel regional existen carreteras que en la etapa de construcción necesitan el mejoramiento de la subrasante ya que sea por diferentes factores y el tema a tratar es el restablecimiento de las características del subrasante para acrecentar la resistencia y densidad y garantizar la durabilidad de las vías, los biorresiduos avícolas como plumas y biorresiduos de fibra de seda de maíz permitan la minimización de los costos, para luego reemplazarlos por otro suelo que contenga mejores propiedades conllevando así a mejorar la calidad de los suelos del lugar, esta permitirá preservar el número estructural de la AASHTO y asegurar el tiempo de la vida útil. El mejoramiento de la subrasante con estos biorresiduos avícolas y biorresiduos vegetales que se encuentran en nuestro medio al alcance de las manos teniendo como los biorresiduos avícolas como las plumas de pollo que es considerado fibra. Lo mismo pasa con el biorresiduo vegetal que en este caso es la fibra de seda de maíz, el cual se torna resistente al someterse a una prueba. La carretera Choquequirao Puquio se encuentra dentro de la región Cusco en San Sebastián, al norte de San Sebastián, actualmente la carretera se encuentra en total abandono sin ninguna intervención de sus autoridades competentes por todo eso se hace la presente tesis en dar una solución al problema con biorresiduos que existen en el medio dando así una solución económica.

Es por ello que nace el interés de plantear dentro en el problema general: ¿Cómo influye la adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en las propiedades físico mecánicas de la subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022? y

dentro de los Problemas Específicos: ¿Cómo influye la adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en las propiedades físicas de la subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022? , ¿Cómo influye la adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en las propiedades mecánicas de la subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022?, ¿Cómo influye la dosificación de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en las propiedades físico mecánicas de la subrasante de la carretera Choquequirao, Cusco-2022?

Se tiene como Justificación Teórica; En la presente tesis se busca obtener un resultado con el uso de las fibras de biorresiduos avícolas y vegetales para el restablecimiento de las características del subrasante, obteniendo muestras de campo en situ para luego ser elaborados en laboratorio las muestras agregando los biorresiduos avícolas y vegetales al mismo tiempo se hará muestras con el cemento que es el aditivo más usado para mejorar la subrasante pero siendo este un aditivo altamente contaminante para el medio ambiente en su etapa de producción.

En lo que refiere a su justificación metodológica se desarrolló de forma sistematizada y ordenada todo ello basado a las guías metodológicas de investigación y normas técnicas, refiriendo a los suelos en ello se utilizaron la técnica cuantitativa tales como pruebas en laboratorio, encuestas, muestreos, todo esto permitió que se realice el procesamiento de datos captados que ayudo a tener la información necesaria y de esa forma aportó el cumplimiento de la hipótesis.

Respecto a la justificación Técnica la presente investigación busca una opción a parte del aditivo del cemento como medio para e el mejoramiento de la subrasante se propone el uso de los biorresiduos avícolas y vegetales que tienen el mismo resultado mejorar las propiedades de la subrasante aún no es conocida el diseño que se usara para obtener resultados ya que es n nuevo tema que se viene implantando el uso de los biorresiduos para este tipo de investigaciones donde se pretende dar un aporte social.

Justificación Social; Esta investigación da a conocer el uso de los biorresiduos que pueden dar un aporte en el mundo de la construcción y que son económicos por tratarse de desechos tanto de la industria avícola e industria agraria.

Justificación Económica; En este contexto nos referimos a que tan costoso podría resultar la alternativa de solución que se pretende dar con la propuesta que se

plante en la investigación, concedores que los biorresiduos avícolas como es la fibra de la pluma de los pollos de igual manera la fibra de la hoja de la maíz son residuos que pueden encontrarse como desperdicios que no tienen algún costo alto por tratarse de residuos que son desechados como basura se podría decir .Es por eso que su costo sería mínimo frente al costo del cemento que también se usa suelo cemento para el mejoramiento de la subrasante.

Justificación Ambiental; Al proponer el uso de los biorresiduos avícolas y vegetales se pretende reemplazar el uso excesivo del cemento que representa ser un aditivo altamente contaminante para el medio ambiente es así que se propone usar biorresiduos que se puedan dar uso positivamente y al mismo tiempo mitigar el impacto ambiental que se da en todo el mundo y que son causante de muchos sucesos ambientales que azotan nuestro planeta.

En lo que refiere al objetivo general se propuso Evaluar la influencia de la adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en las propiedades físico mecánicas de la subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022. Entre los objetivos específicos se tuvo el Determinar cómo influye la adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en las propiedades físicas de la subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022, Determinar cómo influye la adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en las propiedades mecánicas de la subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022, Determinar cómo influye la dosificación de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en las propiedades físico mecánicas de la subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022.

Teniendo como Hipótesis general: La adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales influirá en las propiedades de la subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022.Las hipótesis específicas serán: La adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales influirá en las propiedades físicas de la subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022. La adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales influirá en las propiedades mecánicas de la subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022. La dosificación de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales influirá en las propiedades físico mecánicas de la subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022.

## II. MARCO TEÓRICO

A la fecha el que más se utiliza en trabajos de vías es el cemento como uso opcional para el restablecimiento de las características del suelo y plantear una infraestructura vial que cuente con todo lo requerido según norma. El MTC es un ente que regular todos los parámetros para las habilitaciones de carreteras así mismo su ejecución. Hoy en día es necesario plantear carreteras ya sea a nivel mundial, nacional, local para poder tener acceso a lugares siendo las carreteras una vía de conexión entre centros poblados, ciudades y caseríos. Las carreteras hoy en día son ejecutadas con presupuestos elevados por el mismo hecho de que invierten en aditivos para el mejoramiento de sus propiedades para así plantear el diseño respectivo , dando como alternativa el uso de biorresiduos y que mejore las características del suelo haciendo conocer los resultados, comprobando que efectivamente se puede llegar a obtener resultados positivos con la investigación al mismo tiempo hacemos referencia a los antecedentes donde se dieron resultados positivos.

La carretera Choquequirao Puquio se encuentra ubicado en la Región de Cusco como se puede apreciar en la imagen N° 01 la carretera se encuentra en estado de abandono y no teniendo ninguna intervención por parte de las autoridades competentes de la zona.

**Figura 1.** Carretera sin pavimentar.



**Fuente:** elaboración propia

Con el propósito de desarrollar a siguiente tema de investigación se contó con varios antecedentes de los cuales se realizaron a lo largo de estos años para lo cual tenemos a nivel Internacional Según Aguirre F. & Fiel V., (2020), tiene por objetivo general Mejoramiento de las propiedades de subrasante aplicando fibras vegetales aplicando la Metodología de tipo experimental y se tuvo como resultados al restablecimiento con suelos finos debido a su adición de residuos que vienen de fibras vegetales. Así mismo se logró evidenciar en las pruebas de ensayo de laboratorio que dichas fibras dan un acabado fino y consistente, establecido según normativas vigentes, la permisividad límite máximo del líquido es del 40 % dio el resultado del 31.6% demostrando que si cumple con las especificaciones técnicas, en cuanto al índice de plasticidad entre 4% y 9%, es obtuvo el 1.7% demostrando que es óptimo el materia utilizado, refiriéndose a las conclusiones que se llega que la adición de material vegetal del 1.5% y 2% está dentro de la permisividad que es 1,1.5 y 2 %, es tipo de comparaciones accede a determinar que entre las muestras de estado natural se obtuvo el 4.90 km/cm<sup>2</sup>, demostrando que es un buen resultado **(1)**.

Barragán G. & Cuervo C., (2019), su objetivo fue analizar su acción del suelo del índice de CBR, teniendo como conclusión que la adición del 1% de CCA de arroz al suelo arcilloso aumenta su resistividad en 19%. Refiriendo a su metodología de tipo experimental, teniendo los resultados donde se tiene el material de tipo A-5 (clase AASTHO) predominante y representa en el 33% de distancia completa y si fuese malo estaría entre los rangos de A-4 y A-6 que representa el 16 y 18% de distancia; Los suelos A-1-B y A-2-7 se consideran buenos suelos y estos representan el 17 y 16%, los suelos del 67% ya se consideran malo o regular. Se llegó a la conclusión que el añadir CCA al 1% a la muestra del suelo arcilloso esta baja su densidad máxima seca en 0.7% desde el 1,726 g/cm<sup>3</sup> a 1714 g/cm<sup>3</sup>, demostrándose que requiere del 0.6% de humedad y a esto se suma la buena compactación **(2)**.

En antecedentes nacionales se tiene a Romero F. & Solar Z., (2020) en su investigación tuvo el objetivo de hallar la combinación eficiente de la cascara de arroz más residuos de concha de abanico, donde el índice el aumento del índice de CBR se da por la mezcla de del 3% RCCA y 8% CCA de valores del 51.37%, el índice CBR 0.1" y 52.6% para índice CBR 0.2", son contrastados dichos valores de suelos naturales de 8.13% y 8.63% para índices CBR 0.1" Y 0.2% , respecto a la metodología esta es experimental y de tipo aplicada, así mismo se obtuvieron los resultados siguientes: Las figuras 22,21,20 y 19 dan curvas

granulométricas(suelos de la carretera San Rafael) donde se evidencia que el punto inicial no está dentro del punto “X” pero si se encuentra en el punto x e y comprobándose que has presencias de suelos finos tales como la arcilla y limos. Así mismo se evidencia que el punto empieza a l regresar a la line recta que esta paralelamente a la línea de X, significando que hay existencia de agregado grueso. En las tablas 23, 24,25, los porcentajes de cada tamiz (100% filtrable) permite que atravesien dicho tamiz las partículas de suelo por completo, el tamiz de 3/8” las partículas atraviesan sin dificultad, la tabla 26 se muestras que los granos finos de las 4 muestras representan gran cantidad de finos **(3)** .

Guerra (2019) en su investigación tiene por objetivo determinar la capacidad portante presentando tres suelos arcillosos añadiendo la fibra de pseudotallo de plátano en distintos porcentajes. La metodología fue de tipo experimental, trabajando con 3 suelos distintos en % 0, 0.25, 0.5 y 0.75 %; la muestra fueron los tres especímenes de suelo arcilloso. Como resultados se obtuvo como primer tipo de suelo arcilloso un IP de 25.29, un OCH de 30, una MDS de 1.336; añadiendo una fibra de 0.25% obtuvo OCH de 26, una MDS de 1.505 y un CBR de 46.34; añadiendo una fibra de 0.5% se tiene OCH de 28.02, una MDS de 1.368 y un CBR de -34.15; añadiendo una fibra de 0.75% obtuvo OCH de 28.5, una MDS de 1.413 y un CBR de -40.65; como segundo tipo de suelo arcilloso un IP de 22.33, un OCH de 29, una MDS de 1.413; añadiendo una fibra de 0.25% obtuvo OCH de 26.5, una MDS de 1.517 y un CBR de 181.72; añadiendo una fibra de 0.5% se tiene OCH de 24.8, una MDS de 1.528 y un CBR de 36.13; añadiendo una fibra de 0.75% obtuvo OCH de 20, una MDS de 1.468 y un CBR de 4.3; como tercer tipo de suelo arcilloso un IP de 69.31, un OCH de 30, una MDS de 1.41; añadiendo una fibra de 0.25% obtuvo OCH de 26.2, una MDS de 1.436 y un CBR de 18.88; añadiendo una fibra de 0.5% se tiene OCH de 24., una MDS de 1.401 y un CBR de -17.55; añadiendo una fibra de 0.75% se obtuvo OCH de 21.5, una MDS de 1.372 y un CBR de -47.45. En conclusión según el autor la adición de la fibra influye significativamente en los tres tipos suelos y mejora el CBR 0.5 y 0.75% de fibra hasta más del 25 % de su capacidad portante. **(4)**.

Llamoga V., (2016), en sus propósitos de su trabajo de investigación está la de analizar el grado de poder de magnificación del rendimiento portante (CBR) de úselos arcillosos utilizados para subrasante cuando se les añade (CCA). Se desarrolló con metodología tipo experimental, porque se manipulo la variable independiente **(5)**. Tuvo como resultados las curvas granulométricas que están en las tablas 16, 17 y 18 los métodos AASHTO y SUCS

se tiene que AASHTO clasificó al suelo por categorías de suelo arcilloso que corresponde al grupo A-7, donde el índice sale 8 y por consiguiente está dentro de los rangos permisibles o aceptables según a las normativas vigentes del (MTC) **(6)** . Por otra parte, SUCS lo selecciona al suelo en la categoría CL (arcillas de poca elasticidad). Finalmente se llegó a las conclusiones que el contenido del 4% y 7% de la adición de ceniza permite que el CBR aumente de 2.85% a un 4.52% para la cantidad de ceniza del 4%, así mismo conteniendo el 7% de ceniza permite el aumento de 2.85% a un 7.8%, por lo que la magnificación para contenido del 10% de ceniza, el CBR bajo del 2.85% a un 2% **(7)**.

In other languages as background we have an Andriani & Dwiki, (2020), It indicates that by adding cement, lime, fly ash plus stabilizing agents, this allowed the improvement of its clay soil characteristics. Regarding the results obtained, when adding coconut shell in the form of carbon, this allowed it to increase its performance by 4% and minimized its swelling index. Likewise, by adding coconut shell carbon al 4% (no soaked), the efficient value of the CBR was obtained with 14.69%, on the other hand, the condition of soil prepared with slight soaking resulted in an efficient value of CBR with 8.53% and its swelling index value was 0.24%. By adding CBR and minimizing expansion, this allowed the road construction layer to be very solid, allowing heavy -duty vehicles to pass through this road normally. Therefore, the following conclusion was reached: Adding 4% non-soaked carbon (obtained from the coconut shell) allowed the value to be 14.69% and the cloudy CBR with a little moisture to be 8.53% and minimize the swelling of the clayey soil in 53.8% of the original soil (8).

According Kumar Y. y otros, (2017), had as its objective It was based on adding rice husk ash that helps to completely remove the residue and give the soil improvement for efficient stability. Methodology is descriptive non experimental way with the use of a survey, observation sheet and data analysis that allowed the collection of data for the conception of results. Results The RHA, SCBA and CDA were mixed by partial recoiling by weight at 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10% and 12.5%. The natural soil was found to be intermediate plastic clay which reduces dry density and increases OCH after stabilization. CBR increased to a maximum of 6.8% for the SCBA at 7.5% replacement. All other CBRs were lower. Conclusion Soil stabilization with rice husk ash represents very positive values with respect to the improvements it causes in soils that offer adverse conditions for road construction, by increasing their CBR

values and support capacity and thus could also give solution to the problem of final disposal of this waste, taking advantage of it in the field of civil engineering. The stabilization of soils with rice husk ash, economically speaking, is feasible because according to the values obtained, the sale prices are very low in the different sales modalities that have been chosen by the mills with the highest rice production, its feasibility is based on the fact that the price is lower with conventional stabilization products (9).

Dentro de los Artículos científicos tenemos: Los autores Llanque A. y otros, (2019) tuvieron por objetivo general evaluar la resistencia mecánica por añadir fibras animales llegando a obtenerse buen restablecimiento de sus propiedades mecánicas tales como la celulosa donde que se comporta como buen resistente. En el presente la metodología realizada es la convencional y su carácter es netamente científico y a las conclusiones a las que se llegan son la secuencia de seguir realizando estudios relacionados a este tema de tesis de investigación, el cual será un gran aporte **(10)**.

Los autores Monte Z. y otros, (2015), tuvieron por objetivo general aprovechar estas características y por primera vez se reporta el uso de queratina de plumas de pollo para modificar características en suelos expansivos. Las características de hinchamiento de las muestras de suelo expansivo remodeladas, se estudiarán variando el porcentaje de contenido de fibra de queratina usando 0.25, 1.00 y 3.00% en peso. Resultados muestran que las fibras distribuidas al azar son útiles para frenar la tendencia al hinchamiento de los suelos expansivos. La reducción máxima de la presión (43.99%) debido a la hinchazón se logra reduciendo la proporción de huecos, que se puede alcanzar con la adición de estructuras de queratina de plumas de pollo al suelo expansivo finalmente se explica el mecanismo por el cual las fibras discretas y distribuidas al azar reducen la presión de hinchamiento del suelo expansivo. En la conclusión se tiene que los suelos modificados con barbas presentan valores más bajos en la presión de hinchamiento. El suelo modificado con 3% de barbas tiene un valor de 28,01kPa, este es el valor más pequeño encontrado en muestras de suelo y representa una reducción del 44% en la presión de hinchamiento en comparación con el suelo natural sin refuerzo (11).

El autor Ojeda F.y otros, (2020), tuvieron por objetivo general hacer un estudio del efecto de la caña de azúcar (CBCA) que se podría reemplazar al cemento Portland Compuesto (CPC), se realizaron varias pruebas como es la resistencia, utilizándose suelos naturales, para ello realizaron diferentes mezclas tales como 3%,5%,7% de cemento portland realizando varias sustituciones en porcentajes por CBCA. La metodología aplicada fue experimental en cuyos resultados se tiene que, si es posible mejorar las vías con una buena compactación, tenacidad y compresión, por el CBCA, este porcentaje permite la minimización del uso de CPC en un 25% consumo de C. Finalmente se llegó a la conclusión que el sustituir por CBCA al CPC cantidad de porcentaje asignados y según al resultado adquirido en ensayos experimentales aplicadas permitieron que el 25% del CPC por CBCA determinase como la cantidad adecuada en suelo granular arenoso, ya que demostró que la compactación del suelo sea muy estable y resistente y haciendo comparación con el cemento de marca comercial "Portland", se tiene que si efectivamente tiene la misma resistencia con dicha marca comercial, este resultado estaría en posibilidad de suplir al cemento para la construcción de carreteras, Así mismo al sustituir el 50% de CPC por CBCA daría también un buen resultad dando alta resistencia, el uso del CBR está dentro de las normativas vigentes del MTC. Finalmente, al añadir el 5 y 7% de CBR entonces se estaría cumpliendo con las normas establecidas por el MTC (12).

Se tiene como bases teóricas los siguientes conceptos: Como base teórica que viene hacer el suelo que es aplicado en el sector de construcción para varios proyectos en el ámbito de la ingeniería. Para ello es necesario conocer las que se tenga conocimiento de las propiedades del suelo como puede ser el origen, tamaño de la partícula, así mismo la capacidad desaguar y la capacidad de soporte de carga (13).

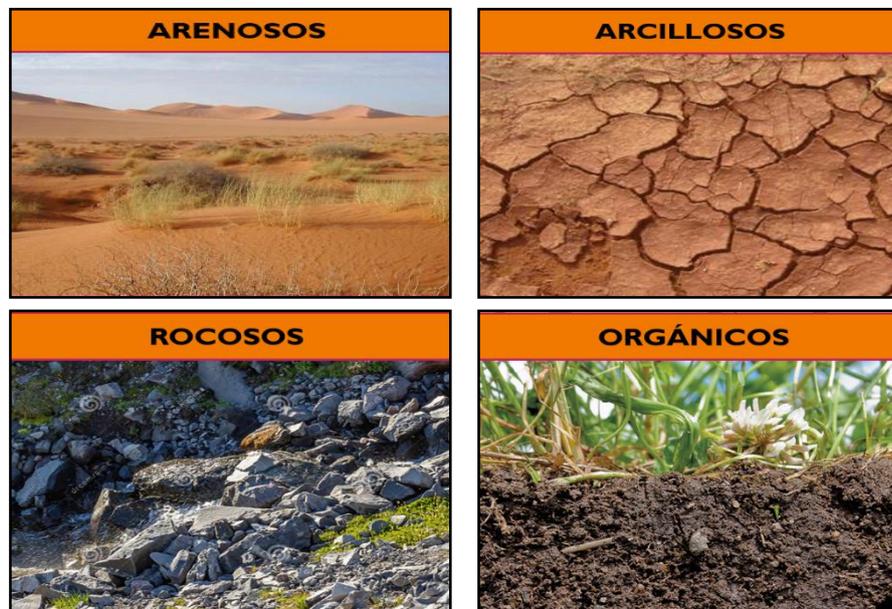
**Figura 2.** Composición del suelo.



**Fuente:** Prof. Guido Miranda Jiménez, (2021)

Para ello mencionaremos los tipos de suelos de acuerdo a sus características físicas, para poder saber diferenciar: Suelos Arenosos que vienen hacer un tipo de suelo conformado por arena de pequeñas partículas pequeñas de rocas ; Suelos Arcillosos tienen un nivel de arcilla que son de color rojizo aunque a veces existen de color amarillento , suelos rocosos estos pueden reconocerse a simple vista ya a través de las rocas y se encuentran en diferentes tamaños en la tierra .(14)

**Figura 3.** Tipo de suelo.



**Fuente:** Prof. Guido Miranda Jiménez, (2021)

Teniendo como conceptos indispensables se encuentra los biorresiduos vegetales y animales que éstos viene hacer los residuos biodegradables que se encuentran

en los jardines y parques y también son considerados los biorresiduos alimentarios que son procedentes de la cocina, restaurantes y todo lo que conlleva a tener residuos o lugares donde se consume por menor y todos aquellos residuos que provienen de las plantas (15).

Tabla 1. Algunas fibras naturales según su origen

Semilla	Raíz	Tallo	Hoja	Flor	Fruto
Algodón	konjac	Banana	Abaca	Bromelia	Coco
Lino		Kenaf	Cabuya		
Bambú		Yute	Esparto		
Coco		Linun	Cañamo		
Ramio					

*Fuente: (Rojas, 2015, p. 10)*

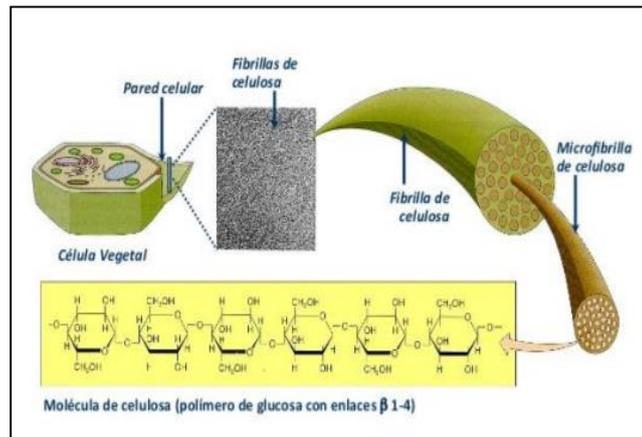
De tal manera se tiene como biorresiduo vegetal a la fibra de seda de maíz (pelo de choclo) que es la planta que pertenece a la familia de las Gramíneas que posee flores masculinas y femeninas, estas se encuentran en forma de espiga que al madurar se convierte en mazorca. De las cuales tiene un pelo de 20cm de largo lo cuales se parece a una cabellera o barba del maíz y que finalmente son finos conductos que llegan a desembocar al ovario de sus flores de las cuales penetran los granos de polen que las fertiliza (16)

**Figura 4.** *Fibra de seda de maíz-biorresiduo vegetal.*



*Fuente: Zea mays L.*

**Figura 5.** *Organización de la estructura.*



**Fuente:** Hincapié (2018)

Así mismo se tiene como biorresiduo animal las plumas del pollo: que viene hacer una estructura que tiene un eje central llamado raquis con paletas más suaves a cada lado, también posee numerosas ramas laterales conocidas como barbas, Se sabe que las plumas poseen queratina y en gran cantidad más del 70% de su peso dentro de las propiedades de las fibras se debe mencionar que son resistentes y de poco peso dependiendo de las condiciones para las que se quiere usar (17).

Características importantes de las fibras:

- ✓ Resistencia específica =  $\sigma_y/\rho$
- ✓ Módulo Específico =  $E/P$

Dónde:

$\sigma_y$  = límite elástico

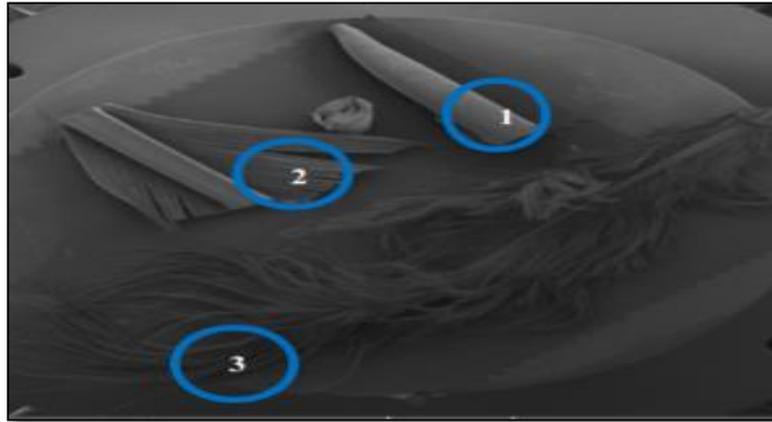
$\rho$  = densidad de la fibra

E = módulo de la elasticidad de la fibra

Además mientras más alta sea la resistencia específica reflejara una fibra de mejor resistencia.

Partes de la pluma de pollo 1: Del raquis (1) salen filamentos laterales denominados barbas (2) y de las barbas salen fibrillas denominadas bárbulas (3).

**Figura 6.** Partes de la pluma de pollo.

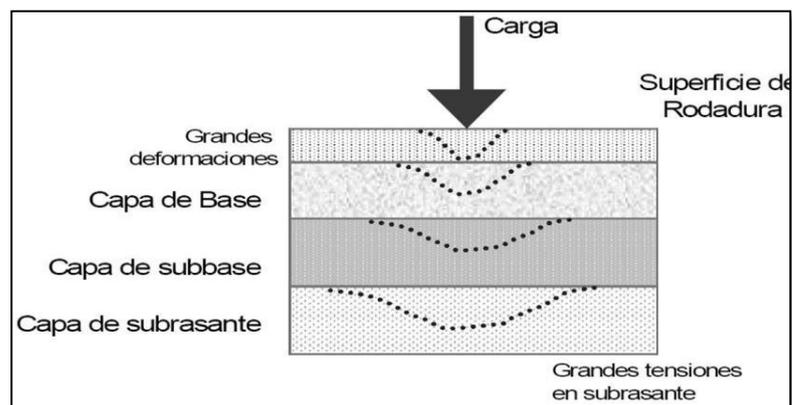


**Fuente:** Llanque, Camapum & Fernández (2019)

Así mismo se tiene el termino mejoramiento para subrasante también es conocido como estabilización donde se altera las propiedades originales del suelo el cual tiene un costo bajo y que posee una mejor calidad para ello las técnicas a emplear pueden ser por la estabilización química o la estabilización mecánica(18).

La calidad de la subrasante depende del espesor que va a tener el pavimento ya sea flexible o rígido con la cual se tiene que conocer la capacidad portante, así mismo la resistencia a la deformación donde se evalúa bajo las cargas del diseño de tránsito (19).

**Figura 7.** Subrasante del suelo.



**Fuente:** Universidad del Azuay, (2013)

Existen varias clases de estabilización así se tiene la química estas son denominadas suelos mejorados ya que para ello se adicionan aditivos en pequeñas cantidades para lograr mejorar ligeramente el suelo También existen suelos que no tiene una buena granulometría y que estas poseen poca plasticidad y se suelen

estabilizar con una adición de aditivo .Para la estabilización mecánica lo emplean más en las carreteras el cual sirve para hacer la compactación es así que se consigue una mezcla con mayor cohesión el cual hace más fácil de compactar y que este sea menos permeable (20).

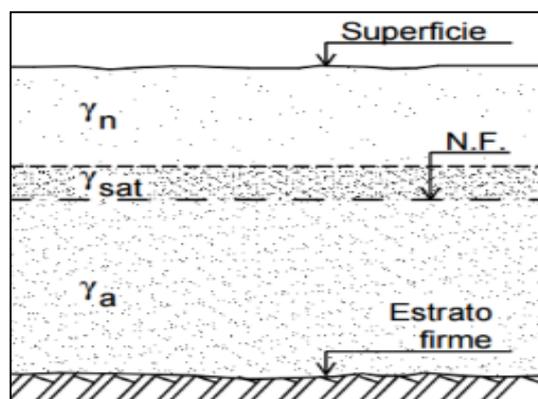
**Figura 8.** Máquina para la estabilización de suelos.



*Fuente: M. López-Bachiller (2008)*

Se tiene como bases teóricas el concepto de las propiedades físicas del suelo que se encuentran en el estrato de un terrenos y éstos a su vez producen pesos específicos por debajo del nivel freático. El contenido de Humedad (W%): para una muestra del suelo es la proporción del agua con la tierra de ellos el peso de una se verifica en la estufa secada, está desarrollada en porcentajes. También estas varían desde nivel cero, cuando la muestra está completamente adherida, hasta un promedio óptimo estas no siempre es 100% (21).

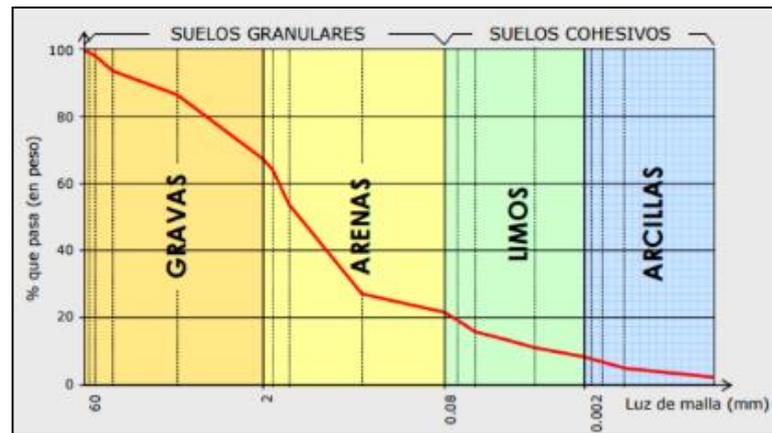
**Figura 9.** Esquema de pesos específicos.



*Fuente: Juan Pérez Valcárcel*

Análisis Granulométrico viene hacer la herramienta fundamental para realizar el análisis granulométrico compuesto por un marco rígido el cual posee una malla metálica que se caracteriza por unos orificios que tiene y un espaciamiento uniforme entre hilos conocida como abertura la cual atravesó de la cual pasa la muestra de suelo que se desea analizar.

**Figura 10.** Curva granulométrica de un suelo.



**Fuente:** Luis Bañon Blasquez (2010)

Con la aplicación de este ensayo se puede establecer la clasificación de suelos según su contenido de granulometría.

**Tabla 2.** Clasificación Granulométrica de los suelos.

Tipo	Denominación	Tamaño (mm)	
SUELOS GRANULARES	Bolos y bloques	> 60	
	Grava	Gruesa	60-20
		Media	44732
		Fina	0.6 - 2
	Arena	Gruesa	0.2 - 0.6
		Media	0.008 - 0.2
Fina		0.02 - 0.08	
SUELOS COHESIVOS	Limo	Grueso	0.006 - 0.02
		Medio	0.002-0.006
		Fino	< 0.002

**Fuente:** Luis Bañon Blázquez (2010)

Clasificación de Suelos de las múltiples clasificaciones que existen y se estudiará la más completa de la clasificación Casagrande y otras más directas en carreteras como son SUCS, ASHTO; SUCS la clasificación en grupos consistentes de un

prefijo que designa la composición del suelo y un sufijo que matiza sus propiedades. Inspirada en el modelo de Casagrande, considera 7 grupos básicos de suelos numerados desde el A-1 hasta el A-7. A su vez algunos de estos grupos presentan subdivisiones; así el A-1 y el A-7 tienen dos subgrupos y el A-2 cuatro. Estados de consistencia el comportamiento del suelo está muy influenciado por la presencia de agua en su seno. Por lo que es relevante definir los estados de consistencia en los suelos coherentes en función de su grado de humedad: líquido, plástico, semisólido y sólido (22).

Tabla 3. Símbolo de grupos (SUCS)

Tipo de Suelo			Sufijo
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrementemente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Limite liquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Limite liquido bajo (<50)	H

**Fuente:** Luis Bañon Blasquez (2010).

Tabla 4. Clasificación de Suelos (AASTHO)

DIVISIÓN GENERAL		Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)						Materiales Limo-arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200)					
GRUPO		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b> (% que pasa por cada tamiz)													
Serie ASTM	#10	≤ 50											
	#40	≤ 30	≤ 50	≥ 51									
	#200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
<b>ESTADO DE CONSISTENCIA</b> (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)													
	Límite líquido			NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	>41 (IP<LL-30)	>41 (IP>LL-30)
	Índice de plasticidad	≤ 6			≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11
<b>ÍNDICE DE GRUPO</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>≤ 4</b>		<b>≤ 8</b>	<b>≤ 12</b>	<b>≤ 20</b>	<b>≤ 20</b>			
<b>TIPOLOGÍA</b>		Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
<b>CALIDAD</b>		EXCELENTE A BUENA					ACEPTABLE A MALA						

Fuente: Luis Bañon Blázquez (2010).

Índice de Plasticidad (IP): Esta se conceptualiza como una variación numérica para Límite (Líquido y Plástico). Límite Líquido (LL): para los límites líquidos podemos definir como los contenidos de humedades que esta expresado en reglas porcentuales, esto con relación a su peso adherido seco de nuestra muestra, de ellos el suelo opta por cambiar del estado líquido al plástico (23)

Fórmula del índice de plasticidad

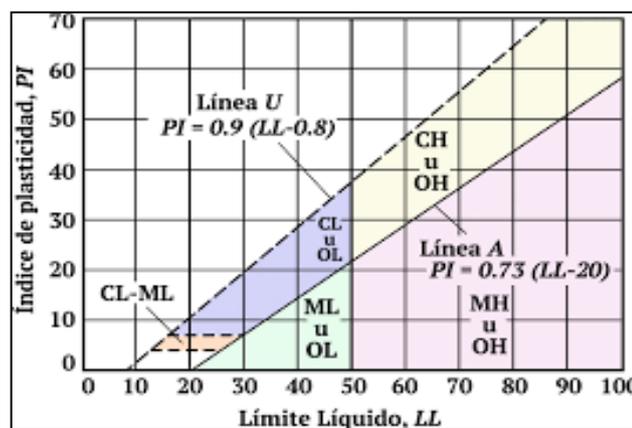
$$IP = LL - LP$$

Tabla 5. Clasificación de Suelos según el Índice de Plasticidad.

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP >20	Alta	Suelos muy arcillosos
IP ≤20 IP >7	Media	Suelos arcillosos
IP >7	Baja	Suelos poco arcillosos
IP=0	No plástico	Suelos sin arcilla

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales –Norma MTC E111

Figura 11. Carta de plasticidad Casagrande.



Fuente: Ingeniería Elemental

Límite Plástico (LP): En límites plásticos se conceptualiza como el volumen de humedad basado en expresiones de proporciones en razón a los pesos secos de las muestras secadas al horno, para los cuales el suelo debe pasar de un estado casi semisólido a pasar a un estado plástico (24).

Tabla 6. Valores típicos de consistencia

PARÁMETRO		TIPO DE SUELO		
		Arena	Limo	Arcilla
LL	Límite Líquido	15-20	30-40	40-150
LP	Límite plástico	15-20	20-25	25-50
LR	Límite de retracción	12-18	14-25	8-35
IP	Índice de plasticidad	0-3	10-15	10-100

*Fuente: Luis Bañon Blasquez (2010)*

Máxima densidad seca también es considerada como el contacto existente entre la masa de las partículas sólidas y el volumen absoluto del suelo. Por la humedad del terreno puede ser variable y para ello es necesario considerar la densidad seca que permite establecer una comparación entre el suelo o más suelos compactados con referencia a un valor densidad como máxima óptimo contenido de humedad lo cual viene hacer la humead con la cual el suelo alcanza su peso unitario seco una energía normalizada . (25).

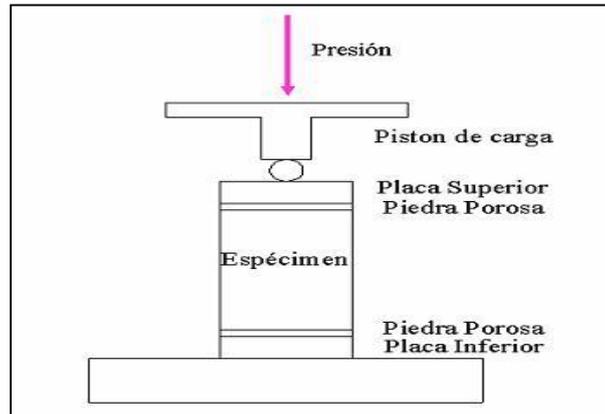
**Figura 12.** Materiales para el Proctor modificado.



El ensayo de compresión simple más conocida como no confinada el cual es un ensayo relativamente sencillo que se mide la carga ultima a la que fue sometido la muestra .Sin embargo es de vital importancia tener en cuenta que los resultados no

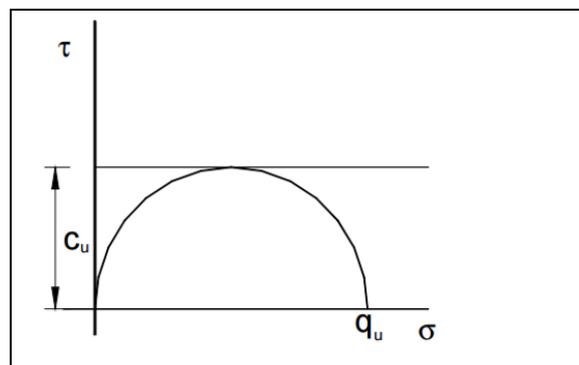
son exactos ya que es un método antidoto sino más bien aproximado aun a eso el ensayo es solicitado por la sencillez que representa este método y que el equipo tiene bajo costo en relación de otros equipos como pueden ser el ensayo triaxial que es un equipo más sofisticado (26).

**Figura 13.** Representación gráfica de ensayo de compresión simple.



**Fuente:** Juan Pérez Valcárcel-Conceptos generales.

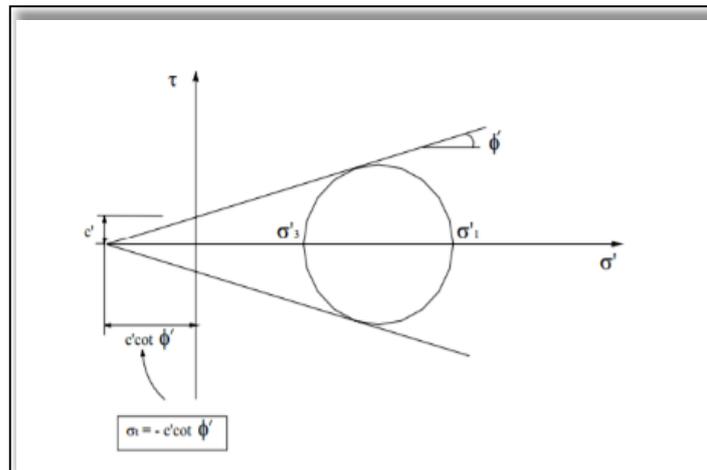
**Figura 14.** Grafica del ensayo de compresión simple.



**Fuente:** Juan Pérez Valcárcel-Conceptos generales

La resistencia a la tracción en suelos es un indicador que por lo general no es tan considerado con respecto a la resistencia a la compresión este actúa depende a la succión es por ello se suele despreciar muchos estudios convencionales con respecto a la geotecnia, donde se plantean las condiciones desfavorables donde como considerar el suelo saturado. (27).

**Figura 15.** Representación de la resistencia a la tracción en función de la cohesión.



**Fuente:** Teoría de Mohr Coulomb

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### **Tipo de investigación:**

Es investigación Aplicada porque los estudios previos tendrán posibles soluciones la investigación realizada se aplica porque primero se realizará un estudio para luego ponerlo en práctica, teorías direccionadas a resolver o mejorar las propiedades de la sub rasante, esta investigación aportará nuevos descubrimientos de tal forma que se pueda confiar en los estudios desarrollados, esta información será de gran utilidad (28). Por todo el concepto mostrado el presente trabajo es de tipo aplicada porque primero se realizó un estudio para luego ser puesta en práctica y las teorías correlacionado a mejorar las propiedades de la subrasante.

##### **Diseño de investigación**

En el diseño se tiene la manipulación de una o más variables de estudio, para controlar el aumento de las variables o la disminución y su efecto en las conductas observadas. De otra manera expresada viene hacer un experimento que conlleva hacer un cambio en el valor de una variable (variable independiente) de los cuales se observar el efecto en otra variable (variable dependiente) (29). Por todo lo vertido el diseño es de tipo experimental donde se manipulará las variables independientes, dependientes.

El diseño cuasi experimental representa un plan de trabajo donde se pretende estudiar el efecto que se tendrá con los procesos de cambio en situaciones donde los sujetos o unidades de observación no han sido designados de acuerdo con un criterio aleatorio (30). Para el presente trabajo tendrá el diseño de experimental-cuasi experimental que tiene por objetivo examinar los estudios de campo los cuales se aplicaran muestras de acuerdo a lo requerido.

##### **Nivel de investigación.**

Está referida al nivel de intensidad que abordará el determinado fenómeno que será realizado el presente estudio. Sera explicativa; ya que se usara con fines de conocer las causas y consecuencias de un estudio en

concreto. Se pretende buscar el porqué de las cosas y como estas llegaron a suceder (31).

Teniendo el conocimiento del concepto del presente trabajo donde trata de explicar el mejoramiento de las propiedades del suelo con la adición de los biorresiduos avícolas y vegetales.

### **Enfoque de investigación**

Es Cuantitativo porque está basada en estudios y análisis de la mediante los procedimientos a base de la medición .Nos permite un mayor control de otros tipos de investigación el cual hace posible realizar experimentos y obtener explicaciones corroboradas a partir de la hipótesis de diferentes procedimientos (32).

Para este presente trabajo se obtendrá resultados que estarán basados en estadísticas de tal modo que se realice una evaluación del procesamiento de los datos mediante recopilación de datos y mediciones numéricas.

## **3.2. Variables de operacionalización**

### **Variables independientes**

La variable dependiente no se manipula, más al contrario mide el efecto sino de la variable independiente tiene en ella.

Variable independiente: Biorresiduos avícolas y vegetales.

**Definición Conceptual:** Los biorresiduos son degradables que se encuentran en los jardines, parques, y desperdicios alimenticios que es procedente de los hogares, oficinas, y establecimientos de consumo al por menos o plantas de transformación de alimentos (33).

**Definición Operacional:** Se realizara 8 calicatas para sacar muestras de suelo los cuales previamente se demarcara los puntos para la excavación de las calicatas en la carretera de las cuales 3 calicatas serán consideradas para el estudio de investigación con los ensayos necesarios en laboratorio , obteniendo las propiedades físicas del suelo para luego proceder adicionar los biorresiduos avícolas y vegetales de las cuales después del procedimiento se tendrá las propiedades mecánicas del suelo donde se

podrá comprobar el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de la subrasante.

**Dimensión:** Dosificación

**Indicadores:** 0%,0.5%,0.7%,1%,1.5% de biorresiduos avícolas y vegetales.

**Escala de medición:** De razón.

**Variables dependientes:**

La variable dependiente no se manipula, más al contrario mide el efecto de la variable independiente tiene en ella (34).

Variable dependiente: Propiedades físico-mecánicas de la subrasante

**Definición conceptual:** Se define como los componentes el cual determina las propiedades físicas , mecánicas del suelo como son la textura , estructura, color , permeabilidad , porosidad, consistencia (35).

**Definición operacional:** Las propiedades físico mecánicas del suelo es presentada para hace alcance a la resistencia para cual fue elaborada, es decir si llega a alcanzar la hipótesis planteada. El secado de la muestra dependerá de diferentes factores como son: MDS y COH, granulometría, límites de Atemberg, Clasificación de suelo, el cual será analizada posteriormente Resistencia a la Compresión, Proctor Modificado y CBR

**Dimensión:** Propiedades mecánicas y físicas.

**Indicadores:** Granulometría, Clasificación de Suelos AASHTO, SUCS, Límites de Atemberg, densidad máxima seca, contenido óptimo de humedad, límites de Atemberg, compresión simple, CBR.

**Escala de medición:** De razón.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### Población

Representa un conjunto de personas u objetos de los que se pretende conocer algo en una investigación. "El universo representa a la población que está constituida por personas, muestras de laboratorio, registros médicos, los nacimientos, accidentes viales y entre otros que pueda existir " (36).

Nuestra población estará conformada por suelos de baja plasticidad que se encuentra en la carretera Choquequirao -Cusco conformada por 8 km desde la progresiva (00+03km), donde se encontró suelo arcilloso y suelos arenosos.

### **Muestra**

Pertenece al subgrupo del universo o población de donde se recolectan datos y que estas deben ser representativas(37).

La muestra representativa con el cual se trabajará para el restablecimiento de las características de la subrasante, se encuentra en la carretera Choquequirao -Cusco para ser más exactos será (Km. 01 + 000 al Km. 03 + 000) que conforman parte de nuestra población de estudio.

### **Muestreo**

Es para seleccionar los componentes de la muestra total de la población el cual consistentes en el conjunto de reglas, criterios y procedimientos mediante los cuales se busca un conjunto de elementos de una población que representa lo que sucede en toda esa población.(38).

En nuestro trabajo de investigación el muestreo es no probabilístico, cuya técnica de muestreo es donde el investigador se basará en su juicio y no pretendiendo hacerlo de manera al azar.

La investigación será neta con los materiales de la misma carretera de los 8km.

L = Largo de la carretera= 3km

A = Ancho de la vía = 6m

$$L \times A = M^2$$

$$3000 \times 6 = 1800m^2$$

$$= 18000m^2$$

### **Unidad de Análisis**

Al tipo de objeto del cual se desprenden las entidades que van a investigarse (39).

En el presente trabajo de se tendrá como unidad de análisis el suelo arcilloso y arenoso.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos**

#### **Tipo de Técnicas**

El estudio a desarrollar será pura práctica ya que todo se desarrollará en el laboratorio, con el apoyo del ingeniero especialista, para así tener resultados.

#### **Observación directa**

El autor Gonzales Valencia (2011), en la tesis se utilizará lo que es la técnica de la observación directa y define como la representación de las variables de investigación, donde las respuestas son obtenidas, también se codifican para un posterior análisis, los medios de recopilación son por encuestas, entrevista, observaciones o análisis documental) la recopilación de datos como los archivos, guías de observación de campo o ficha de investigación y los valores tengan confiabilidad, credibilidad y validez (40) .

#### **Instrumentos de recolección de datos**

Los datos que serán obtenidas tengan la exactitud al milímetro. Es por ello que el instrumento que se utilizar tiene un orden de ficha de registro de datos, y todos los materiales que se utilizara en el laboratorio.

#### **Validez**

La valides viene hacer el grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende conocer (41).Este trabajo de investigación será expuesta a 3 profesionales con amplia experiencia los cuales darán la viabilidad al estudio manejando diferentes aspectos, el cual demostrara confiabilidad en los resultados obtenidos.

#### **Confiabilidad**

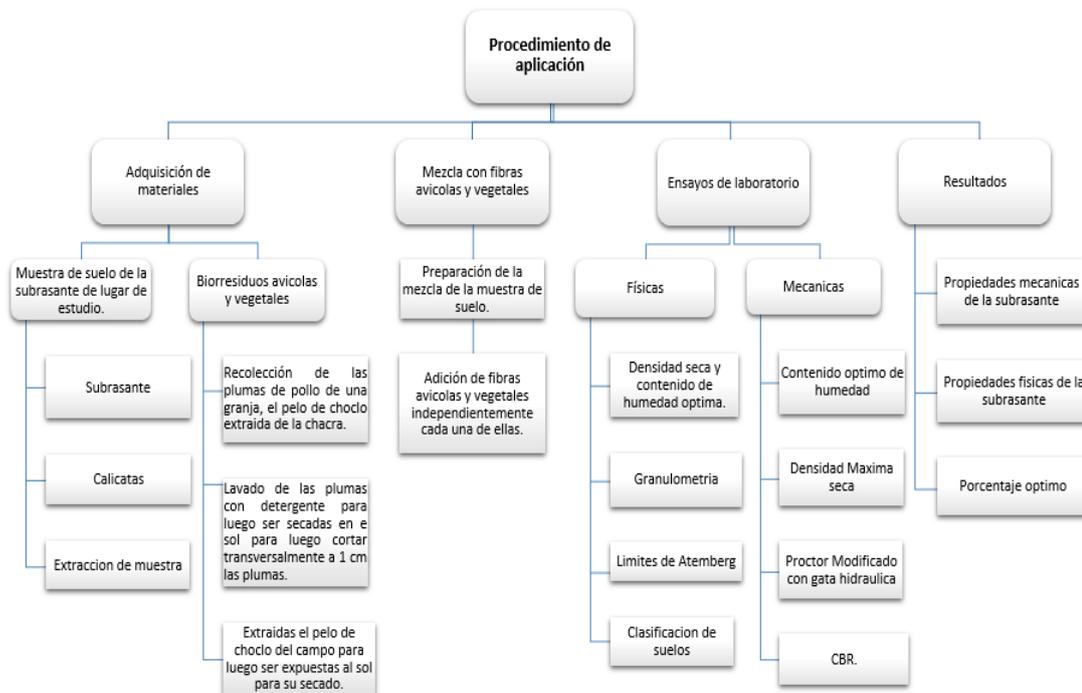
La confiabilidad viene hacer un instrumento con el cual se mide el grado de aplicación las cuales de hace repetida veces al mismo individuo u objeto la cual produce resultados iguales (42).El presente trabajo tiene confiabilidad debido a que se realizaron con instrumentos de investigación referidas al tema de estudio el cual también está conformada por normas y reglamentos

en el campo de la ingeniería. También está considerada los ensayos realizados que están guiados por expertos a cargo del laboratorio al mismo tiempo los equipos de medición previamente certificadas y calibradas por los entes competentes.

### 3.5. Procedimientos

Primeramente, se realiza la obtención de la materia prima el cual fueron empleadas en el desarrollo del tema de la tesis a investigar como: suelo de baja plasticidad, pelo de choclo (fibras vegetales), pluma de pollo (fibras avícolas).

**Figura 16.** Procedimiento.



El suelo fue obtenido de la misma carretera donde se realizará las calicatas in situ a una profundidad de 3.00 metros por 1.00 metro de ancho, muestra que fue puesta en los sacos para su transporte correspondiente hacia el laboratorio para los ensayos. El pelo de choclo se consiguió de la chacra dándole un manejo correcto para su manipulación y dando como énfasis al tratamiento de dicho residuo como es el secado en sombra para que pueda obtener un secado total. De la misma forma se adquirió la pluma de pollo de una granja de pollos donde se recogió en bolsas para luego recibir su

tratamiento ; el cual+ se empezó primero por el lavado de la plumas con detergente para luego ser secado al sol en forma lenta es así obteniendo unas plumas en perfecto estado de limpieza

#### a.- Elaboración de calicatas

Se procederá a la selección del suelo que fueron sustraídas de las 02 calicatas elaboradas en el tramo de los 03 kilómetros de la Carretera Choquequirao en el distrito de San Sebastián el cual se acumuló aproximadamente 250 kilogramos por cada calicata.

**Figura 17.** Extracción de muestra de las calicatas N°01, N°02.



**Fuente:** Elaboración Propia.

#### b.- Caracterización del suelo

El análisis y la característica serán según indica el diseño y según como indicada cada norma.

- Análisis Granulométrico de suelos por tamizado (ASTM D422, MTC, E107).
- (CH) Contenido de humedad de un suelo (ASTM D2216, MTC E108).
- (LL) Límites líquidos de suelos (ASTM D4318, MTC E110)
- (LP) Límite plástico de los suelos e (IP) índice de plasticidad (ASTM D 41318, MTC E 111)
- Clasificación de suelos

- Clasificación SUCS (ASTM D2487).
- Granulometría
- Limite Líquido
- Limite Plástico
  - Clasificación AASTHO (ASTM D3282).

#### b.- Preparación del suelo

Los materiales una vez en laboratorio seguimos con el tamizado para proseguir con el diseño de la mezcla junta con la fibra avícola, fibra vegetal. Una vez preparado el suelo está listo para su correspondiente agregación de biorresiduos vegetales y animales el cual se harán independientemente al suelo cada uno para posteriormente también se le agregara ambos biorresiduos a una sola de muestra.

#### c.- Preparación y Obtención del Suelo mejorado.

Mezclado suelo con biorresiduos vegetales y avícolas.

### **3.6. Método de análisis de los datos**

El método es descriptiva e inferencial se realizará con las aplicaciones de los programas correspondientes se realizará el grafico de los datos obtenidos en laboratorio y ser interpretados bajo gráficos (43).Actualmente gracias a que se cuenta a la tecnología se puede hacer uso de equipos con programas como Microsoft Word el cual nos permitirá analizar los datos obtenidos en campo y en laboratorio, Microsoft Excel será para ser insertado los datos y obtener como respuesta la prueba de hipótesis.

### **3.7. Aspectos éticos**

El presente trabajo cuenta con el respaldo de nuestro asesor de la elaboración del presente trabajo así mismo se cuenta con el apoyo del ingeniero del laboratorio que con su experiencia y ética moral nos apoyaron a realizar dicha investigación.

## IV. RESULTADOS

### Descripción de la zona de estudio

#### Nombre de la tesis

Mejoramiento de las propiedades de la subrasante aplicando fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en la Carretera Choquequirao, Cusco 2022”

#### Ubicación política

El presente trabajo se realizó en Carretera Choquequirao en el distrito de San Sebastián, provincia de Cusco, departamento de Cusco.

**Figura 18.** Mapa político del Perú.



**Figura 19.** Mapa político del Departamento de Cusco.



## Ubicación del proyecto

**Figura 20.** Mapa de la Provincia de Cusco.



**Figura 21.** Mapa del Distrito de San Sebastián.



### Limites

- Norte : Con la provincia de Calca
- Sur : Con la provincia de Paruro
- Este : Con el distrito de San Jerónimo
- Oeste : Con el Distrito de Santiago, Distrito de Wanchaq, Distrito de Cuzco.

### Ubicación geográfica

El distrito de San Sebastián pertenece a uno de los 8 distritos que conforman la provincia de Cusco ubicada en el Sur del Perú el cual presenta las siguientes coordenadas geográficas: Latitud Sur 13°32'10.31 y Oeste 71°55'34.02" contando con un área de 89.44 km<sup>2</sup> aproximadamente con una altitud entre los 3295 m.s.n.m .Según la INEI hasta el 2017 contaba con una población de 75000 habitantes.

### Vías de acceso

Para llegar a la carretera Choquequirao se hace por una sola ruta por donde se puede acceder es de la Av. La Cultura a la altura de Sol de Oro para arriba, la carretera se encuentra en la parte más alta perteneciente al Distrito de San Sebastián

Tabla 7. Ubicación de la carretera

Vía	Carretera	Vía	Distancia (Km)	Estado	Tiempo de viaje
Av. La Cultura	Choquequirao	Trocha Carrozable	5km	Regular	30 min

*Fuente: Elaboración Propia*

### Clima

El clima que posee el distrito de San Sebastián es conocido como el clima chino por presentar temperatura media y precipitación promedio ya que presenta periodos de lluvia y nieve, la mejor época es en el mes de octubre por presentar un clima templado. La temperatura máxima promedio en San Sebastián es 16°C en noviembre y de 12°C en julio.

### Trabajo de campo

Primeramente para empezar a determinar nuestros ensayos se realizó los trabajos de campo como ir a la zona de estudio a conocer los aspectos de la carretera haciendo un recorrido los 3 km con el propósito de conocer las características del suelo , llegando a la conclusión que se tenía que realizar 2 calitas fijando los lugares donde se realizaría.

**Figura 22.** Recorrido a la zona de estudio.



*Fuente: Elaboración Propia.*

### **Tratamiento del material.**

Para el presente trabajo de investigación se usó los biorresiduos avícolas y vegetales en el caso de biorresiduos avícolas se tiene a las plumas de pollo y de los biorresiduos vegetales se tiene el pelo de choclo. Ambos residuos son considerados residuos orgánicos de origen vegetal y animal, susceptibles a que son fácil de descomponerse con el pasar del tiempo.

Primeramente obtuvimos las plumas de pollo para ello se fue a una granja donde comercializaban pollos, es así que se procedió a lavar con detergente las plumas para liberarlo de cualquier suciedad que pudiera tener o restos de sangre perteneciente al pollo, así mismo se procedió a conseguir el pelo de choclo este se encuentra en nuestro medio y es fácil de conseguir ya que es parte del choclo , lo adquirimos de una chacra y luego procedimos hacerlo secar en un lugar fresco para que este quede parejo.

**Figura 23.** Muestras de las plumas de pollo y pelo de choclo.



*Fuente: Elaboración Propia.*

**Objetivo específico 1:** Determinar cómo influye la adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en las propiedades físicas de la subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022.

Para todo ello presentamos la granulometría, contenido de humedad y clasificación SUCS y AASTHO para las 3 calicatas; así mismo los de consistencia para suelo natural como para las dosificaciones de los biorresiduos avícolas y vegetales.

#### **Análisis granulométrico por tamizado**

Se realizó el ensayo de análisis granulométrico mediante tamices basado en la norma ASTM D-422, MTC E 107, NTP 339.128, el cual se realiza para obtener las características físicas del suelo natural extraído de las calicatas, cuyo objetivo fue obtener el tamaño de las partículas, la clasificación del suelo que es aplicado para agregados gruesos como finos hasta obtener el registro de los resultados, dicho ensayo se hizo uso de las mallas con dimensiones diferentes tales como :3",2"11/2",1",3/4",3/8",N°004,N°010,N°020,N°040,N°060,N°100,N°200.

**Figura 24.** Muestras del tamizado



*Fuente: Elaboración Propia.*

Para la Calicata C-01-Tamizado.

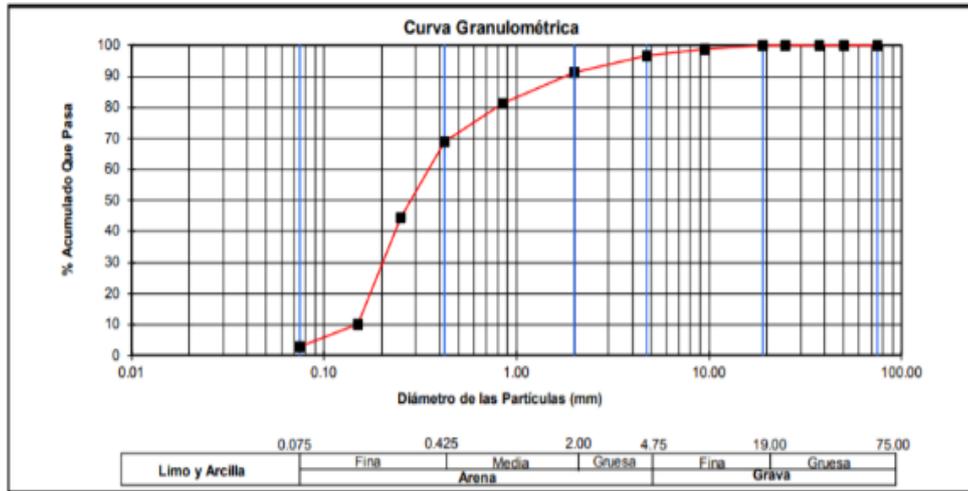
**Tabla 8.** Granulometría para la Calicata N°01.

MALLA	ABERTURA (mm)	% QUE PASA
3"	75	100
2"	50	100
1 ½"	37.5	100
1"	25	100
¾"	19	100
⅜"	9.5	98.69
N° 4	4.75	96.67
N° 10	2	91.13
N° 20	0.85	81.22
N° 40	0.425	68.78
N° 60	0.25	44.47
N° 100	0.15	10.12
N° 200	0.075	2.85

*Fuente: Elaboración Propia.*

Calicata	% Grava	% Arena	% Finos
C-01	50.23	46.92	2.85

**Figura 25.** Curva granulometría de la calicata N°02.



*Fuente: Elaboración Propia.*

En la figura 25 podemos observar la transformación que presenta la curva granulométrica en función al % que pasa por el tamaño de partículas del suelo de la calicata C-01.

Según la tabla 8 indica la fracción dominante de la Muestra M1 son las gravas al representar el 50.23%, seguida de las arena al encontrarse en un 46.92% y los finos se encuentran en un 2.85%.

Para la Calicata C-02-Tamizado.

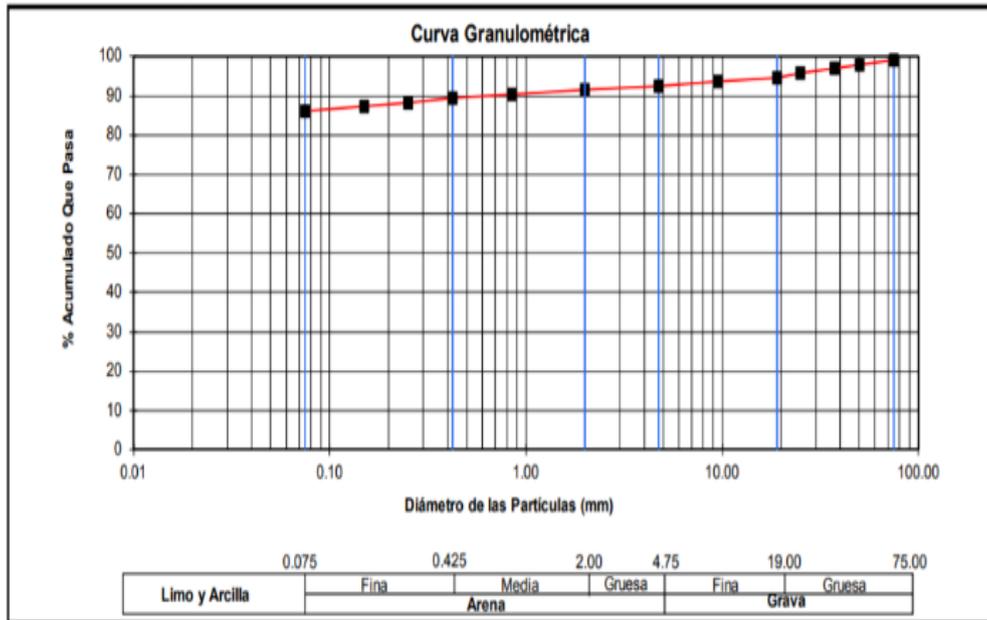
Tabla 9. Granulometría para la Calicata N°02.

MALLA	ABERTURA (mm)	% QUE PASA
3"	75	98.93
2"	50	97.86
1 ½"	37.5	96.8
1"	25	95.73
¾"	19	94.66
⅜"	9.5	93.59
N° 4	4.75	92.53
N° 10	2	91.46
N° 20	0.85	90.39
N° 40	0.425	89.32
N° 60	0.25	88.26
N° 100	0.15	87.19
N° 200	0.075	86.12

*Fuente: Elaboración Propia.*

Calicata	% Grava	% Arena	% Finos
C-02	12.45	1.43	86.12

**Figura 26.** Curva granulométrica calicata N°01



*Fuente: Elaboración Propia.*

En la figura 26 podemos observar la alteración que presenta la curva granulométrica en función al porcentaje que pasa por el tamaño de partículas del suelo de la calicata C-02.

Según la tabla 9 indica la fracción dominante de la Muestra M1 son las finos al representar el 86.12%, seguida de las gravas al encontrarse en un 12.45% y los finos se encuentran en un 86.12%.

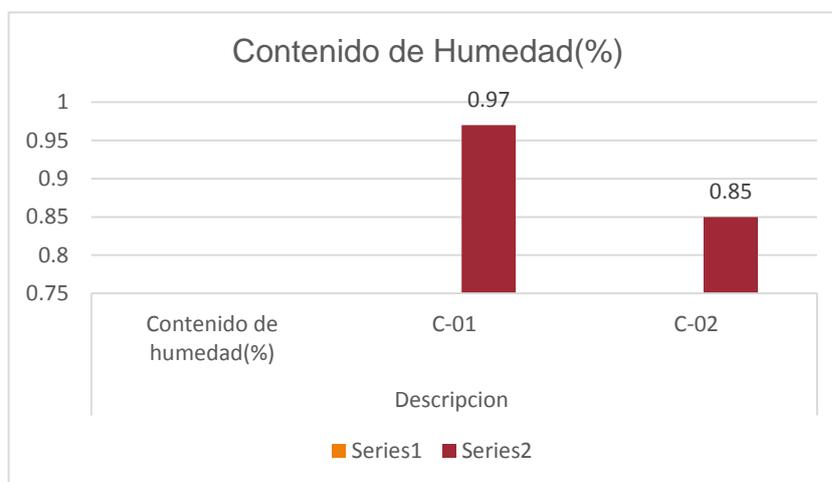
Con respecto al porcentaje de humedad natural en las muestras de suelo extraídas de las calicatas C-01, C-02 realizadas en la carretera Choquequirao de las cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 10. Resultados del contenido de humedad suelo natural

Descripción	Resultado de calicatas	
	C-01	C-02
Contenido de humedad (%)	0.97	0.85

*Fuente: Elaboración Propia.*

**Figura 27.** Porcentaje del suelo natural



**Fuente:** Elaboración Propia.

En la tabla 10, figura 27 se detalla el contenido de humedad natural de cada muestra C-01, C-02 y siendo de 0.97%, 0.85%.

El contenido de humedad que se realizó es de las muestras del suelo natural sin la adición de los biorresiduos esto para poder empezar los ensayos así como su contenido óptimo y así proceder con el ensayo de compactación, del cuadro se puede observar que la Calicata N°01 tiene mayor contenido de humedad con respecto a las otras calicatas.

### Clasificación de suelo SUCS Y AASTHO.

Se realizó la clasificación tal como se observa en el cuadro.

Tabla 11. Clasificación de Suelos según SUCS y AASTHO.

Muestra	Clasificación de suelo	
	SUCS (ASTM D2487)	AASHTO (D3282)
C - 01	SM	A-4 (4)
	Arena limosa	
C - 02	CL	A-4 (3)

	Arcilloso
--	-----------

**Fuente:** *Elaboración Propia.*

En la tabla N° 11 se aprecia la clasificación según SUCS y AASTHO donde se tiene una arcilla limo arenoso de baja plasticidad y A-4.

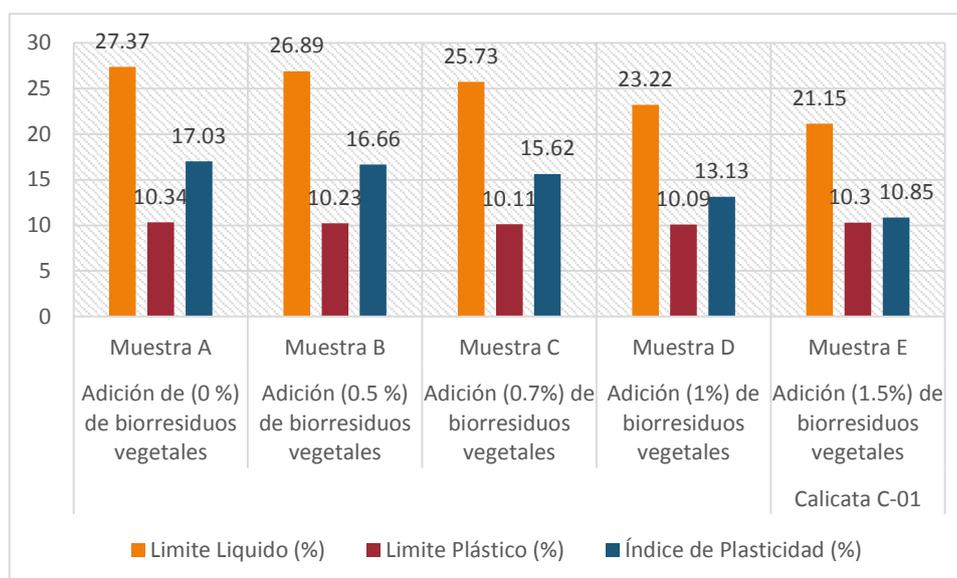
Así mismo se tiene el IP donde primeramente se obtendrá el límite líquido y el límite plástico para posteriormente tener el IP.

Tabla 12. Índice de Plasticidad añadiendo 0%,0.5%,0.7%,1%,1.5% de biorresiduos vegetales.

Adicionando biorresiduos			Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)
<b>Calicata C-01</b>	Adición de (0 %) de biorresiduos vegetales	Muestra A	<b>27.37</b>	<b>10.34</b>	<b>17.03</b>
	Adición (0.5 %) de biorresiduos vegetales	Muestra B	<b>26.89</b>	<b>10.23</b>	<b>16.66</b>
	Adición (0.7%) de biorresiduos vegetales	Muestra C	<b>25.73</b>	<b>10.11</b>	<b>15.62</b>
	Adición (1%) de biorresiduos vegetales	Muestra D	<b>23.22</b>	<b>10.09</b>	<b>13.13</b>
	Adición (1.5%) de biorresiduos vegetales	Muestra E	<b>21.15</b>	<b>10.3</b>	<b>10.85</b>

**Fuente:** *Elaboración Propia.*

**Figura 28.** Valores de IP adicionando 0%,0.5%,0.7%,1%,1.5% de biorresiduos vegetales.



**Fuente:** Elaboración Propia.

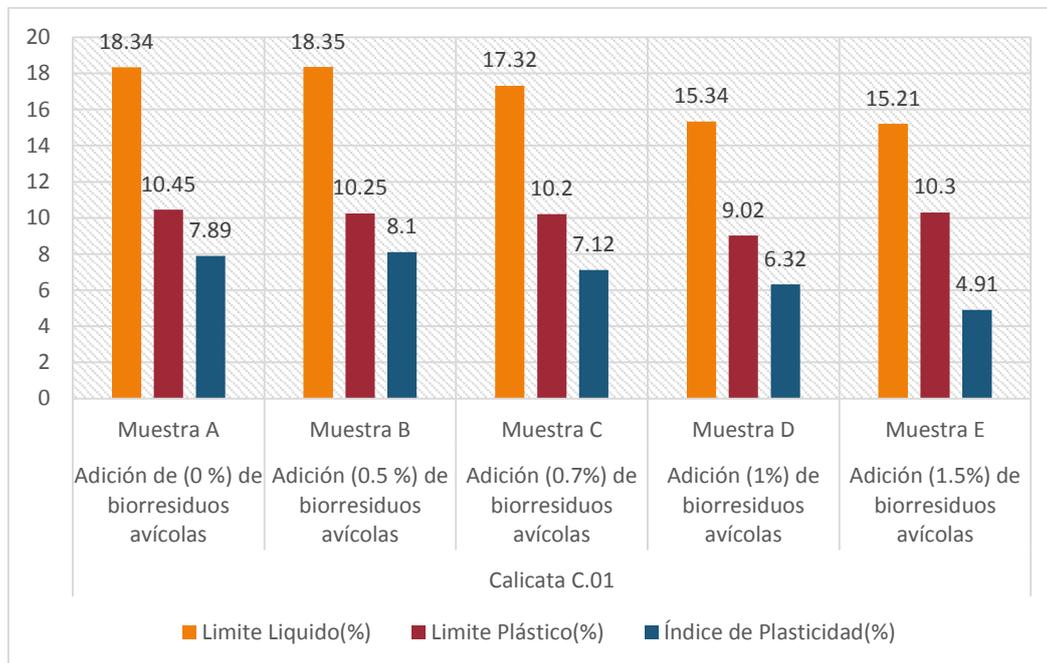
En la tabla 12, figura 28 se observa los resultados del IP con adición de biorresiduos vegetales que primeramente se obtuvieron el limite liquido y el limite plástico de la muestra natural de la calicata N°01 donde tenemos: 17.03 %, 16,66%,15.62%,13.13%,10.85% con respecto a: 0%,0.5%,0.7%,1%,1.5% de biorresiduos vegetales. Por los resultados mostrados se puede observar que al adicionar biorresiduos vegetales al suelo natural este disminuye IP

Tabla 13. IP añadiendo 0%,0.5%,0.7%,1%,1.5% de biorresiduos avícolas.

Adicionando biorresiduos			Limite Liquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)
Calicata C-01	Adición de (0%) de biorresiduos avícolas	Muestra A	18.34	10.45	7.89
	Adición (0.5%) de biorresiduos avícolas	Muestra B	18.35	10.25	8.1
	Adición (0.7%) de biorresiduos avícolas	Muestra C	17.32	10.2	7.12
	Adición (1%) de biorresiduos avícolas	Muestra D	15.34	9.02	6.32
	Adición (1.5%) de biorresiduos avícolas	Muestra E	15.21	10.3	4.91

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Figura 29.** Valores de IP incorporando 0%,0.5%,0.7%,1%,1.5% de biorresiduos avícolas.



**Fuente:** Elaboración Propia.

En la tabla 13, figura 29 se observa los resultados del IP con adición de biorresiduos avícolas que primeramente se obtuvieron el limite liquido y el limite plástico de la muestra natural de la calicata N°01 donde tenemos: 7.89 %, 8,10%,7.12%,6.32%,4.91% con respecto a: 0%,0.5%,0.7%,1%,1.5% de biorresiduos avícolas. Por los resultados mostrados se puede observar que al adicionar biorresiduos avícolas al suelo natural este disminuye IP.

**Objetivo específico 2:** Determinar cómo influye la adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en las propiedades mecánicas de la subrasante de la carretera Choquequirao, Cusco-2022.

Proctor modificado; este ensayo es para determinar el contenido de humedad con relación a la densidad seca obteniendo así la curva de compactación. Primeramente se debe tener el peso específico para luego proceder adicionar los biorresiduos avícolas y vegetales independiente a la muestra en los porcentajes 0%,0.5%, 0.7%, 1%,1.5% con estos ensayos se obtiene el OCH y la MDS.

**Figura 30.** Muestra de biorresiduos avícolas y vegetales.



**Fuente:** Elaboración Propia.

**Figura 31.** Muestra biorresiduos avícolas y vegetales al suelo natural



**Fuente:** Elaboración Propia.

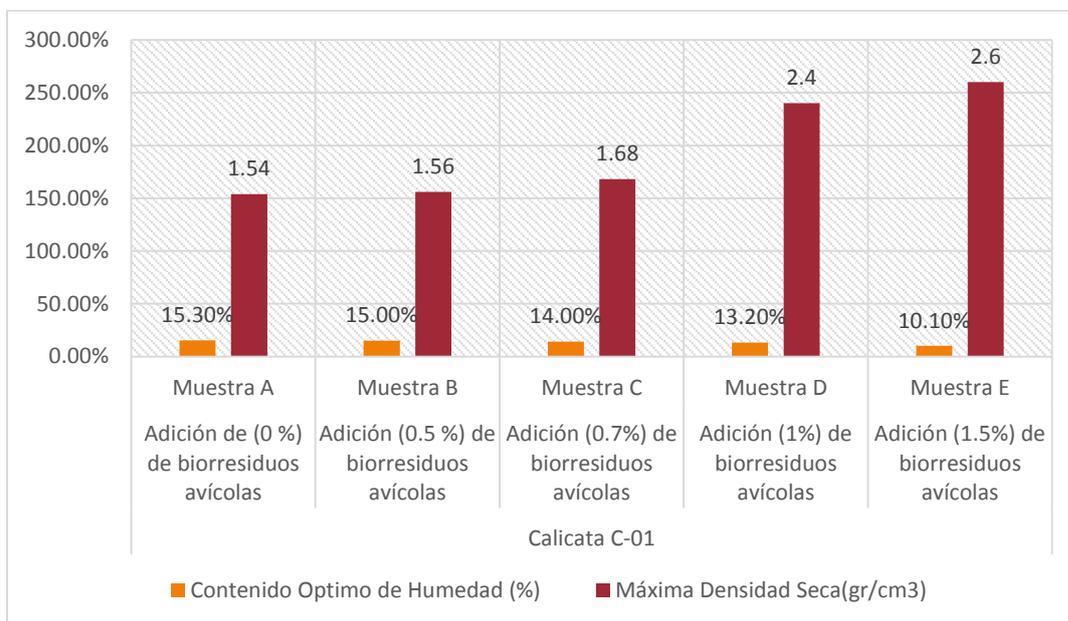
Tabla 14. Contenido óptimo de humedad y máxima densidad con adición de fibras de biorresiduos avícolas.

Muestra con biorresiduos avícolas			Contenido Optimo de Humedad (%)	Máxima Densidad Seca(gr/cm3)
Calicata C-01	Adición de (0 %) de biorresiduos avícolas	Muestra A	15.30%	1.54
	Adición (0.5 %) de biorresiduos avícolas	Muestra B	15.00%	1.56

Adición (0.7%) de biorresiduos avícolas	Muestra C	<b>14.00%</b>	1.68
Adición (1%) de biorresiduos avícolas	Muestra D	<b>13.20%</b>	2.40
Adición (1.5%) de biorresiduos avícolas	Muestra E	<b>10.10%</b>	2.60

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Figura 32.** Contenido óptimo de humedad, máxima densidad seca con biorresiduos avícolas.



**Fuente:** Elaboración Propia.

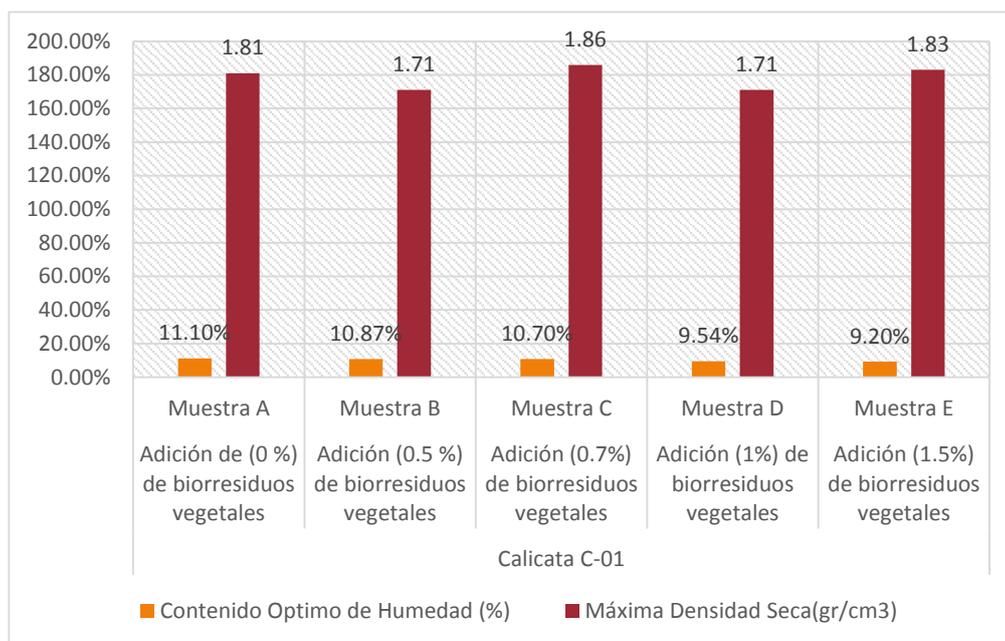
En la tabla 14, figura 32 se observa los resultados del COH y MDS con adición de fibras de biorresiduos avícolas que primeramente de la muestra natural de la calicata N°01 donde tenemos como resultados de contenido óptimo de humedad: 15.30 %, 15.00%,14.00%,13.20%,10.10% con respecto a: 0%,0.5%,0.7%,1%,1.5% de biorresiduos avícolas , así mismo se tiene resultados de contenido óptimo de humedad: 1.54%,1.56%,1.68%, 2.40%, 2.60% con dosificaciones 0%,0.5%,0.7%,1%,1.5% .

**Tabla 15.** Contenido óptimo de humedad y máxima densidad seca con vegetales.

Muestra con biorresiduos vegetales			Contenido Optimo de Humedad (%)	Máxima Densidad Seca(gr/cm3)
Calicata C-01	Adición de (0 %) de biorresiduos vegetales	Muestra A	11.10%	1.81
	Adición (0.5 %) de biorresiduos vegetales	Muestra B	10.87%	1.71
	Adición (0.7%) de biorresiduos vegetales	Muestra C	10.70%	1.86
	Adición (1%) de biorresiduos vegetales	Muestra D	9.54%	1.71
	Adición (1.5%) de biorresiduos vegetales	Muestra E	9.20%	1.83

*Fuente: Elaboración Propia.*

**Figura 33.** Contenido óptimo de humedad y máxima densidad seca con adición de biorresiduos vegetales.



*Fuente: Elaboración Propia.*

En la tabla 15, figura 33 se observa los resultados del COH y MDS con adición de fibras de biorresiduos vegetales que primeramente de la muestra natural de la calicata N°01 donde tenemos como resultados de contenido óptimo de humedad: 11.10%, 10.87%, 10.70%, 9.54%, 9.20% con respecto a: 0%, 0.5%, 0.7%, 1%, 1.5% de fibras de biorresiduos vegetales, así mismo se tiene resultados de MDS 1.81%, 1.71%, 1.86%, 1.71%, 1.83% con dosificaciones 0%, 0.5%, 0.7%, 1%, 1.5%.

Resistencia a la compresión actualmente este ensayo se aplica para el estudio de la resistencia del suelo con un método destructivo para determinar propiedades físico-mecánicas de los materiales, para lo cual se tiene las probetas que serán sometidas a una carga Este es el ensayo de compresión no confinada, el cual consiste en determinar a través de una probeta representativa del material la capacidad máxima de resistencia que posee, aplicando una fuerza vertical en una cierta área conocida.

Para esto realizamos probetas en muestra cilíndricas para la realización de la resistencia a la compresión con adición tanto de biorresiduos avícolas y vegetales independientemente con los porcentajes de 0%,0.5%,0.7%,1%,1.5%.

**Figura 34.** Preparación de las probetas con adición de biorresiduos avícolas y vegetales.



**Fuente:** Elaboración Propia.

**Figura 35.** Aplicación de carga axial a las muestras de las probetas.



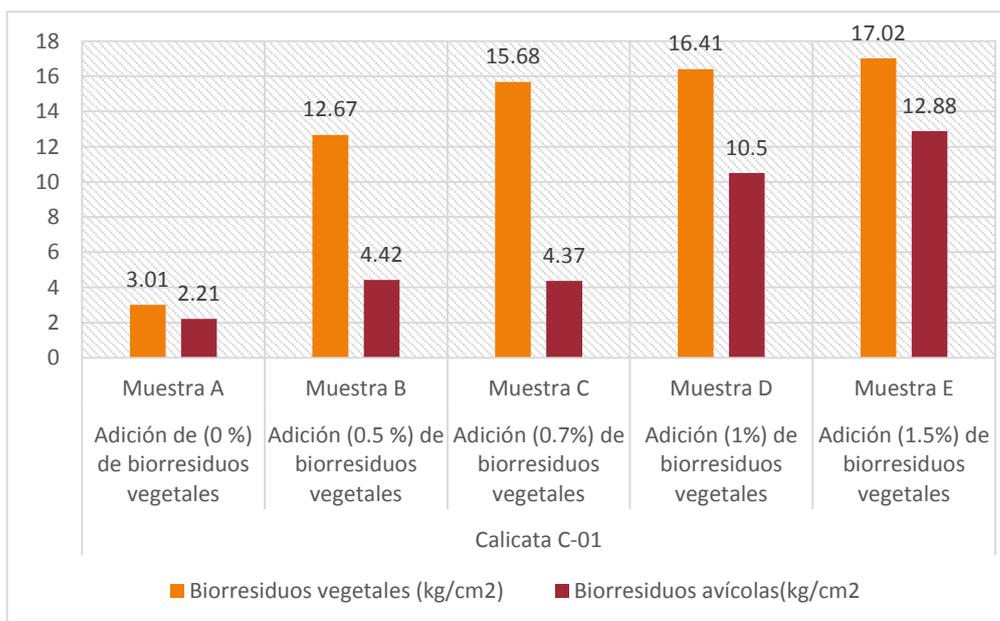
**Fuente:** Elaboración Propia.

Tabla 16. Resultado con adición de biorresiduos vegetales y avícolas.

Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )			Biorresiduos vegetales (kg/cm <sup>2</sup> )	Biorresiduos avícolas(kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Calicata C-01</b>	Adición de (0 %) de biorresiduos vegetales	Muestra A	<b>3.01</b>	<b>2.21</b>
	Adición (0.5 %) de biorresiduos vegetales	Muestra B	<b>12.67</b>	<b>4.42</b>
	Adición (0.7%) de biorresiduos vegetales	Muestra C	<b>15.68</b>	<b>4.37</b>
	Adición (1%) de biorresiduos vegetales	Muestra D	<b>16.41</b>	<b>10.5</b>
	Adición (1.5%) de biorresiduos vegetales	Muestra E	<b>17.02</b>	<b>12.88</b>

*Fuente: Elaboración Propia.*

Figura 36. Resistencia a la compresión con adición de biorresiduos avícolas y vegetales.

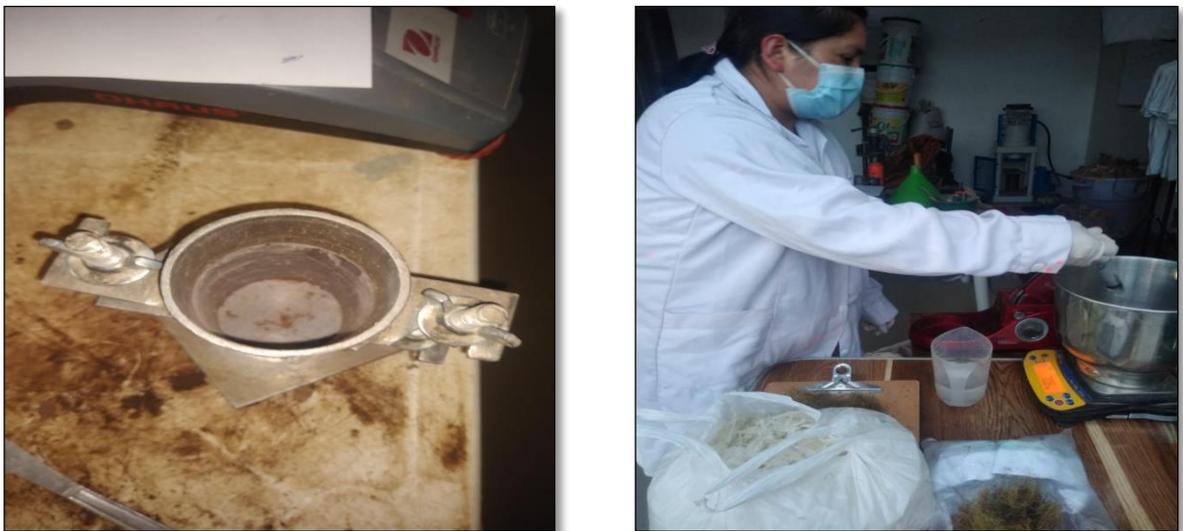


*Fuente: Elaboración Propia.*

En la tabla 16, figura 36 se observa los resultados de resistencia a la compresión de las cuales se tiene los resultados de : 3.01 kg/cm<sup>2</sup> , 12.67 kg/cm<sup>2</sup>, 15.68 kg/cm<sup>2</sup>, 16.41 kg/cm<sup>2</sup>, 17.02 kg/cm<sup>2</sup> con porcentajes de 0%,0.5%,0.7%,1%,1.5% de biorresiduos vegetales , así mismo se tiene resultados con adición de biorresiduos avícolas 2.21 kg/cm<sup>2</sup>, 4.42 kg/cm<sup>2</sup>,4.37 kg/cm<sup>2</sup>,10.5 kg/cm<sup>2</sup>,12.88 kg/cm<sup>2</sup> con dosificaciones 0%,0.5%,0.7%,1%,1.5%.

El ensayo del CBR se puede utilizar para evaluar y posteriormente realizar un diseño de acuerdo a la capacidad portante del suelo, el cual se procedió hacer los ensayos con la adición de los biorresiduos avícolas y vegetales.

**Figura 37.** Ensayo de CBR, adicionando de biorresiduos avícolas y vegetales



*Fuente: Elaboración Propia.*

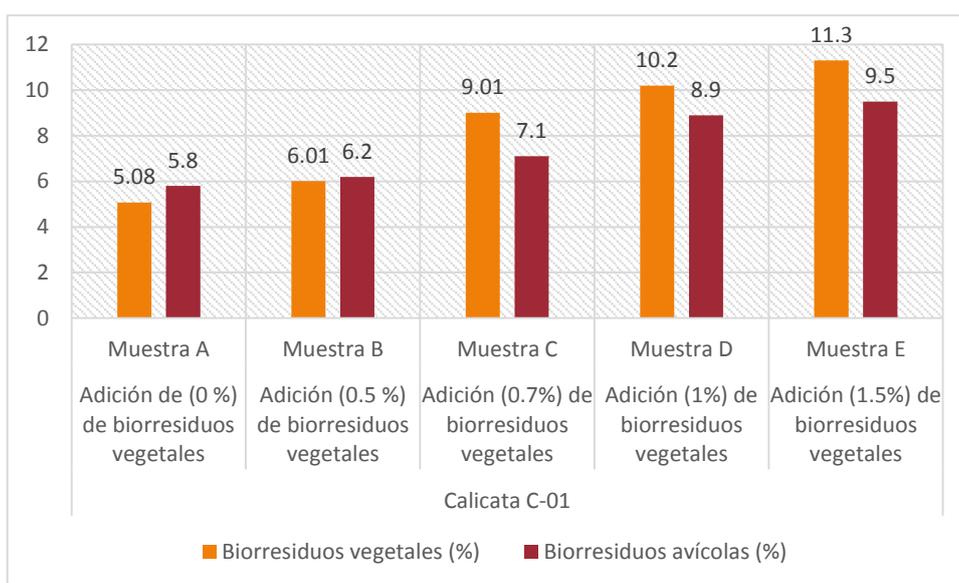
Tabla 17. Resultados de CBR con adición de biorresiduos vegetales y avícolas.

CBR			Biorresiduos vegetales (%)	Biorresiduos avícolas (%)
<b>Calicata C-01</b>	Adición de (0 %) de biorresiduos vegetales	Muestra A	<b>5.08</b>	<b>5.8</b>
	Adición (0.5 %) de biorresiduos vegetales	Muestra B	<b>6.01</b>	<b>6.2</b>
	Adición (0.7%) de biorresiduos vegetales	Muestra C	<b>9.01</b>	<b>7.1</b>

*Fuente: Elaboración Propia.*

	Adición (1%) de biorresiduos vegetales	Muestra D	<b>10.2</b>	<b>8.9</b>
	Adición (1.5%) de biorresiduos vegetales	Muestra E	<b>11.3</b>	<b>9.5</b>

**Figura 38.** Valores de CBR adicionando 0%,0.5%,0.7%,1%,1.5% de biorresiduos avícolas y vegetales



**Fuente:** Elaboración Propia.

En la tabla 17, figura 38 se observa los resultados del CBR, para lo cual se tiene la muestra natural perteneciente a la calicata C-01 donde se observa q tiene 7.01% al 100% MDS al mismo tiempo se puede apreciar que el CBR incrementa de acuerdo al porcentaje de biorresiduos avícolas, es así que al adicionar en porcentajes de 0%,0.5%,0.7%,1%,1.5% se obtiene los resultados: 5.8%,6.2%,7.1%,8.9%,9.5 con respecto al 100% .Así mismo se observa resultados con la adición de biorresiduos vegetales con 0%,0.5%,0.7%,1%,1.5% obteniendo los valores de : 5.08%,6.01%,9.01%,10.2%,11.3% con respecto al 100%MDS.

**Objetivo específico 3:** Determinar cómo influye la dosificación de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en las propiedades físicas mecánicas de la subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022.

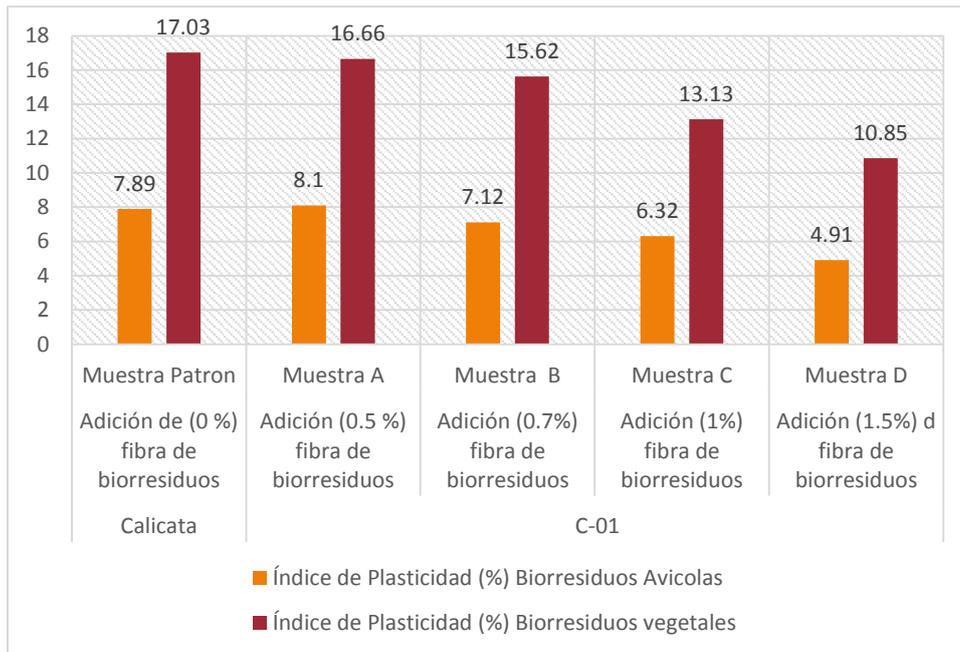
**Figura 39.** Adición de biorresiduos avícolas y vegetales al suelo natural.



Descripción	IP (%)	OCH (%)	MDS (gr/cm3)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm2)	CBR (%)
C-01 + 0.0 % FA	7.89	15.3	1.54	2.21	5.8
C-01 + 0.5% FA	8.1	15.00	1.56	4.42	6.2
C-01 + 0.7% FA	7.12	14.00	1.68	4.37	7.1
C-01 + 1% FA	6.32	13.2	2.4	10.5	8.9
C-01 + 1.5% FA	4.91	10.1	2.6	12.88	9.5
C-01 + 0.0 % FV	17.03	11.1	1.81	3.01	5.08
C-01 + 0.5% FV	16.66	10.87	1.71	12.67	6.01
C-01 + 0.7% FV	15.62	10.7	1.86	15.68	9.01
C-01 + 1% FV	13.13	9.54	1.71	16.41	10.2
C-01 + 1.5% FV	10.85	9.2	1.83	17.02	11.3

*Fuente: Elaboración Propia*

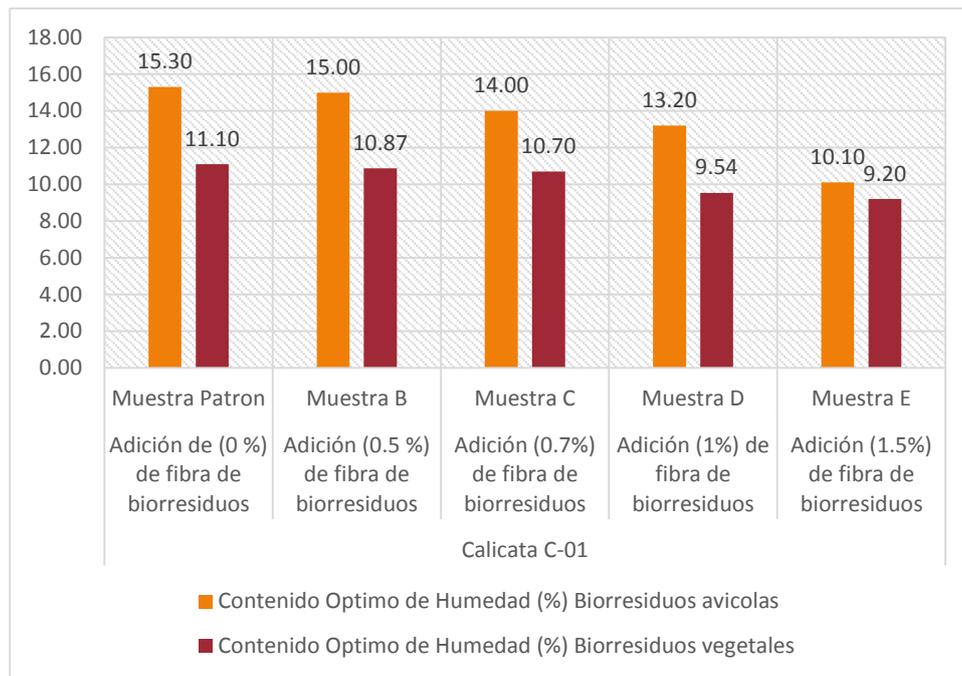
**Figura 40.** Índice de Plasticidad con adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales



**Fuente:** *Elaboración Propia*

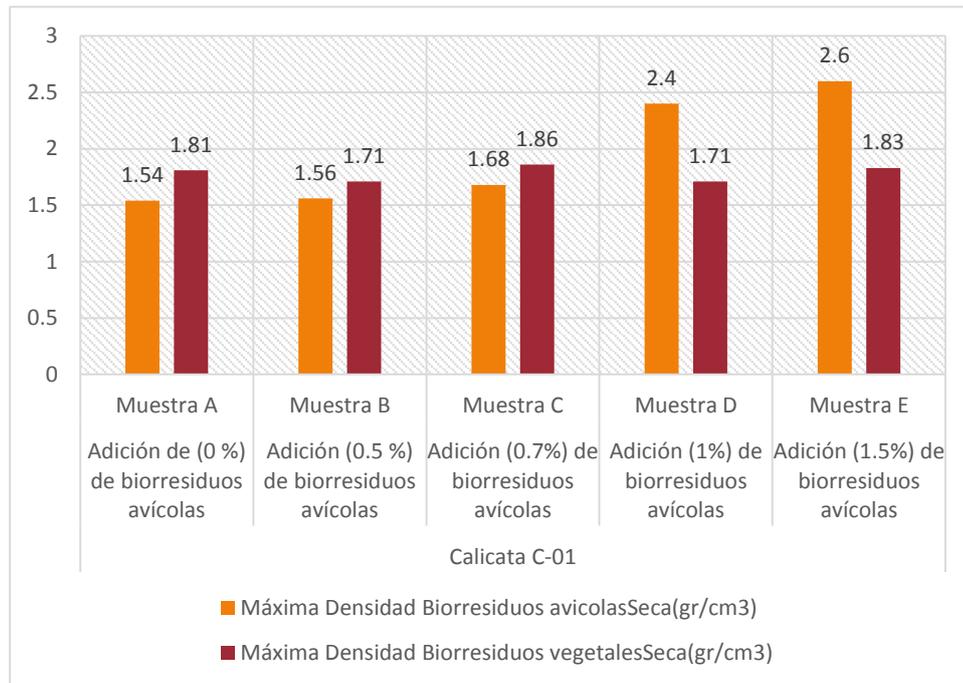
En la figura 40 podemos observar que el IP de la muestra patrón es 7.89%, y al adicionar fibra de biorresiduo avícola al 0.5%, 0.7% 1%, 1.5% los resultados son: 8.1%, 7.12%, 6.32%, y 4.91% respectivamente. Así mismo el IP de la muestra patrón es 17.03% y al adicionar fibra de biorresiduo vegetal al 0.5%, 0.7% 1%, 1.5% los resultados son: 16.66%, 15.62%, 13.13%, y 10.85% respectivamente.

**Figura 41.** Contenido Optimo de Humedad con adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales



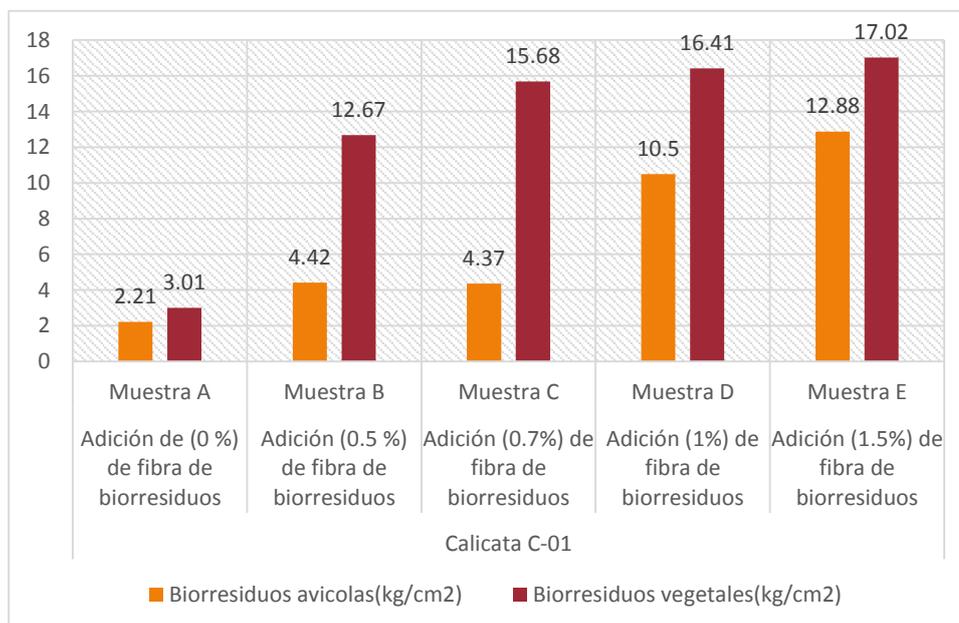
En la figura 41 podemos observar que el COH de la muestra patrón es 15.30%, y al adicionar fibra de biorresiduo avícola al 0.5%, 0.7% 1%, 1.5% los resultados son: 15.00%, 14.00%, 13.20%, y 10.10% respectivamente. Así mismo el COH de la muestra patrón es 11.10% y al adicionar fibra de biorresiduo vegetal al 0.5%, 0.7% 1%, 1.5% los resultados son: 10.87%, 10.70%, 9.54%, y 9.20% respectivamente.

**Figura 42.** Máxima densidad seca con adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales



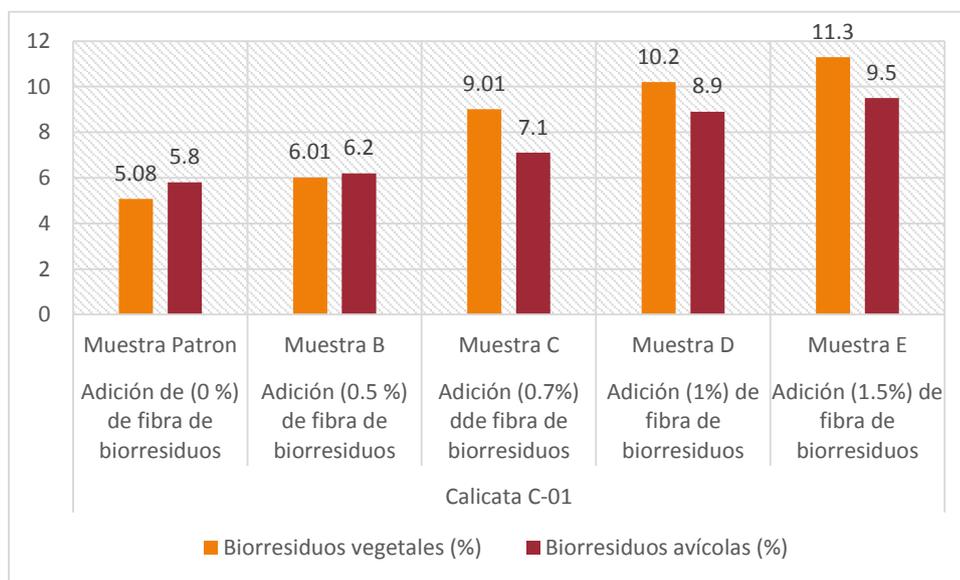
En la figura 42 podemos observar que la MDS de la muestra patrón es 1.54gr/cm<sup>3</sup>, y al adicionar fibra de biorresiduo avícola al 0.5%, 0.7% 1%, 1.5% los resultados son: 1.56gr/cm<sup>3</sup>, 1.68gr/cm<sup>3</sup>, 2.4gr/cm<sup>3</sup> y 2.6gr/cm<sup>3</sup> respectivamente. Así mismo la MDS de la muestra patrón es 1.81gr/cm<sup>3</sup>, y al adicionar fibra de biorresiduo vegetal al 0.5%, 0.7% 1%, 1.5% los resultados son: 1.71gr/cm<sup>3</sup>, 1.86gr/cm<sup>3</sup>, 1.71gr/cm<sup>3</sup> y 1.83gr/cm<sup>3</sup> respectivamente.

**Figura 43.** Resistencia a la compresión con adición de biorresiduos avícolas y vegetales



En la figura 43 podemos observar que la Resistencia a la compresión de la muestra patrón es 2.21gr/cm<sup>2</sup>, y al adicionar fibra de biorresiduo avícola al 0.5%, 0.7% 1%, 1.5% los resultados son: 4.42gr/cm<sup>2</sup>, 4.37gr/cm<sup>2</sup>, 10.5gr/cm<sup>2</sup> y 12.88gr/cm<sup>2</sup> respectivamente. Así mismo la MDS de la muestra patrón es 3.01gr/cm<sup>2</sup>, y al adicionar fibra de biorresiduo vegetal al 0.5%, 0.7% 1%, 1.5% los resultados son: 12.67gr/cm<sup>2</sup>, 15.68gr/cm<sup>2</sup>, 16.41gr/cm<sup>2</sup> y 17.02gr/cm<sup>2</sup> respectivamente

**Figura 44.** CBR con adición de fibra de biorresiduos avícolas y vegetales.



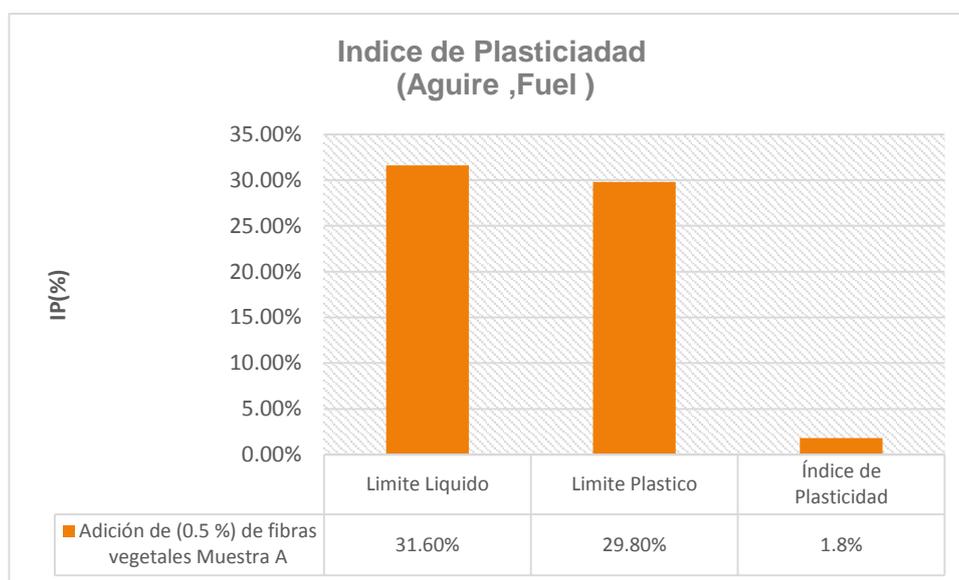
En la figura 44 podemos observar que el CBR de la muestra patrón es 5.8%, y al adicionar fibra de biorresiduo avícola al 0.5%, 0.7% 1%, 1.5% los resultados son: 6.2%, 7.1%, 8.9% y 9.5% respectivamente. Así mismo el CBR de la muestra patrón es 5.8%, y al adicionar fibra de biorresiduo vegetal al 0.5%, 0.7% 1%, 1.5% los resultados son: 6.01%, 9.1%, 10.2% y 11.3% respectivamente

## V. DISCUSIÓN.

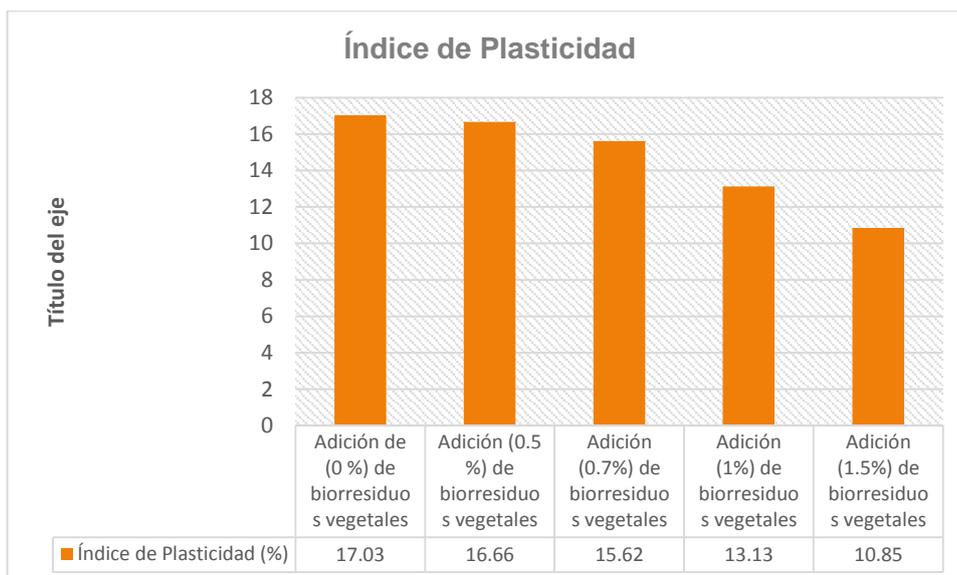
**Objetivo N°01:** Determinar cómo influye la adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en las propiedades físicas de la subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022.

Índice de Plasticidad con adición de fibras de biorresiduos vegetales.

Para Aguirre Fuelantala, Guillermo Alberto y Fuel Valencia, Jairo Fernando (2020) en su tesis de investigación titulada “Mejoramiento de las propiedades mecánicas de suelos finos mediante la adición de residuos provenientes de fibras vegetales” el índice de plasticidad en la muestra patrón fue obtenido 1.8% y al adicionar 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, de fibra natural resulto NP disminuyendo el IP con respecto a la muestra patrón.



En nuestra investigación el IP del suelo en la muestra patrón fue de 17.03%, y al adicionar 0.5%, 07%,1%, 1.5%, de biorresiduos vegetales fue: 16.66%, 15.62%,13.13%,10.85%, disminuyendo el índice de plasticidad respecto a la muestra patrón.



**Fuente:** *Elaboración Propia.*

Para Aguirre, Fiel (2020), al adicionar fique vegetal al 0.5%, 1%, 1.5%, 2% en la muestra de suelo disminuyo 1.8% y todas a cero respectivamente, y en la presente investigación al adicionar fibras vegetales al 0.5%, 0.7%, 1.0%, 1.5%, en la muestra de suelo C-01 disminuyo en: 16.66%,15.62%,13.13%,10.85% respectivamente, existiendo coincidencia en los resultados ya que ambos logran disminuir el IP.

Los resultados de Aguirre y Fiel cumplen con el IP mínimo de 0% a 7% según la norma ASTM D4318; en nuestro caso no cumple con la norma pero si reduce el IP con respecto a la muestra patrón.

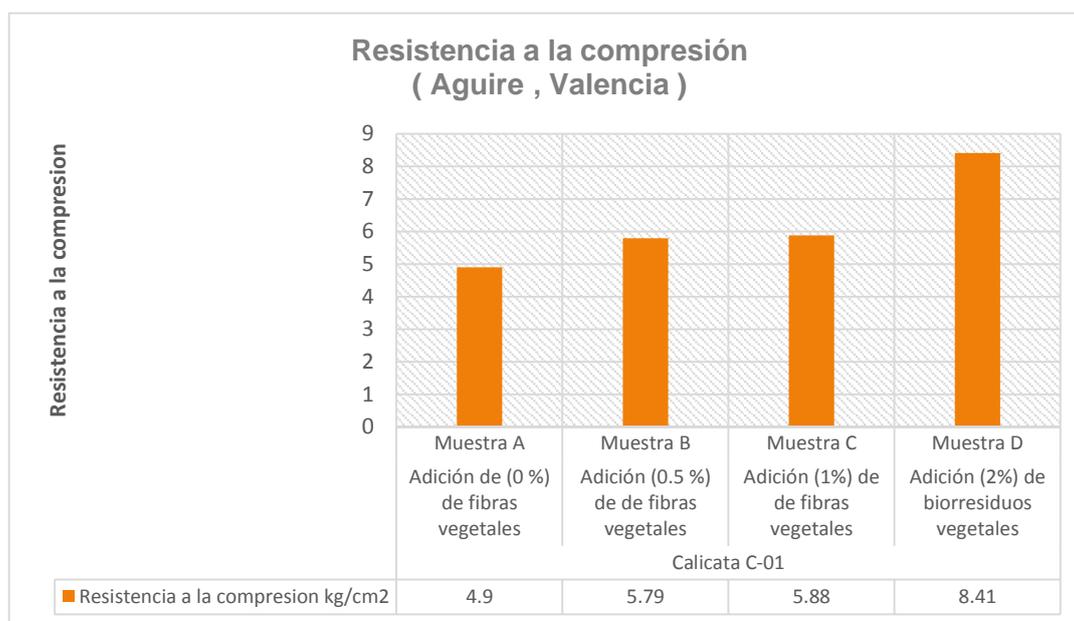
Los ensayos empleados para obtener el índice de plasticidad son los adecuados, debido a que permitió determinar los valores al adicionar 0.5%, 0.7% 1% y 1.5% fibras de biorresiduos vegetales.

**Objetivo Específico 2:** Determinar cómo influye la adición de biorresiduos avícolas y vegetales en las propiedades mecánicas de la subrasante de la carretera Choquequirao, Cusco-2022.

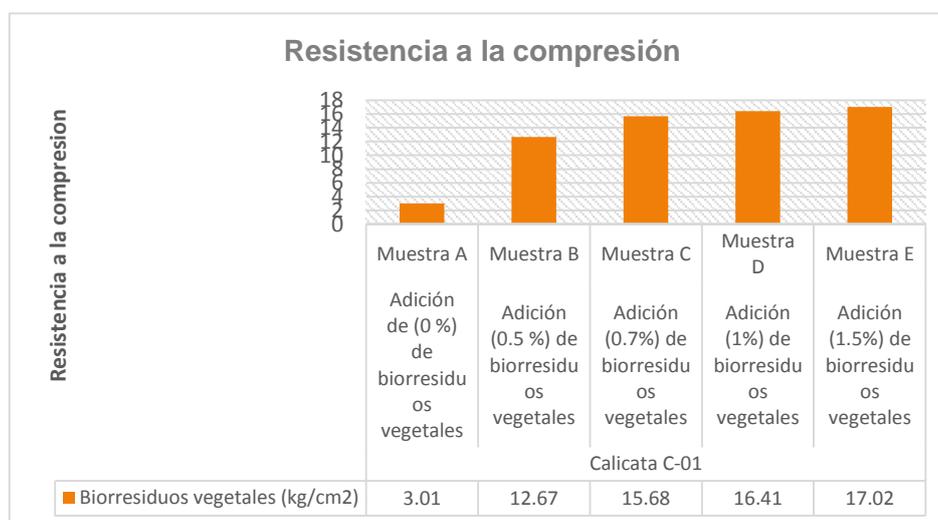
Propiedades mecánicas con adición de fibras de biorresiduos vegetales.

### Resistencia a la compresión

Para Aguirre Fuelantala, Guillermo Alberto y Fuel Valencia, Jairo Fernando (2020), en su tesis de investigación titulada “Mejoramiento de las propiedades mecánicas de suelos finos mediante la adición de residuos provenientes de fibras vegetales” la resistencia de compresión del suelo en la muestra patrón fue de 4.90kg/cm<sup>2</sup> y al adicionar 0.5%, 1%, 2% de fibra vegetal fue: 5.79kg/cm<sup>2</sup>, 5.88kg/cm<sup>2</sup>, 8.41kg/cm<sup>2</sup>, incrementando la resistencia a la compresión respecto a la muestra patrón.



En nuestra investigación la resistencia a la compresión del suelo en la muestra patrón fue de 3.01kg/cm<sup>2</sup> %, y al adicionar 0.5%, 07%,1%, 1.5%, de fibras de biorresiduos vegetales fue: 12.67 kg/cm<sup>2</sup>, 15.68 kg/cm<sup>2</sup>, 16.41 kg/cm<sup>2</sup>, 17.02 kg/cm<sup>2</sup> incrementando la resistencia a la compresión.



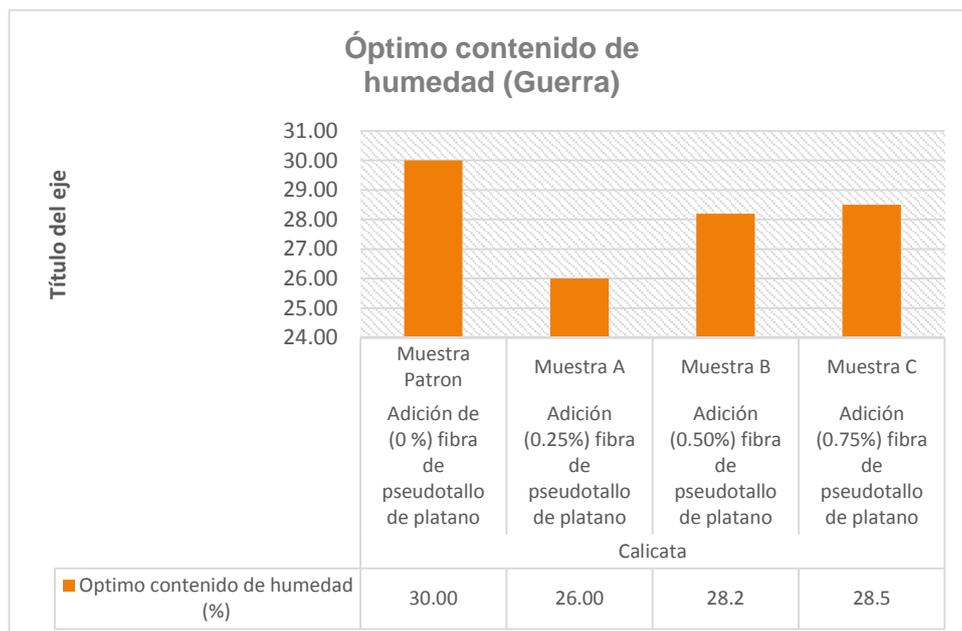
Para Aguirre Fuelantala, Guillermo Alberto y Fuel Valencia, Jairo Fernando (2020) al adicionar en la muestra patrón, la resistencia a la compresión se incrementó en 5.79kg/cm<sup>2</sup>, 5.88kg/cm<sup>2</sup>, 8.41kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, y en la presente investigación al adicionar fibras de biorresiduos vegetales al 0 %, 0.5%, 0.7, 1%, 1.5% en la muestra patrón disminuyo en: 12.67 kg/cm<sup>2</sup>, 15.68 kg/cm<sup>2</sup>, 16.41 kg/cm<sup>2</sup> 17.02kg/cm<sup>2</sup>.

Los resultados de Aguirre Fuelantala, Guillermo Alberto y Fuel Valencia, Jairo Fernando cumplen con la resistencia a la compresión que debe ser entre 0.9 a 120 según E – 152 – 13; en nuestro caso cumple ya que se encuentra en el rango admisible para ese tipo de ensayos de compresión simple.

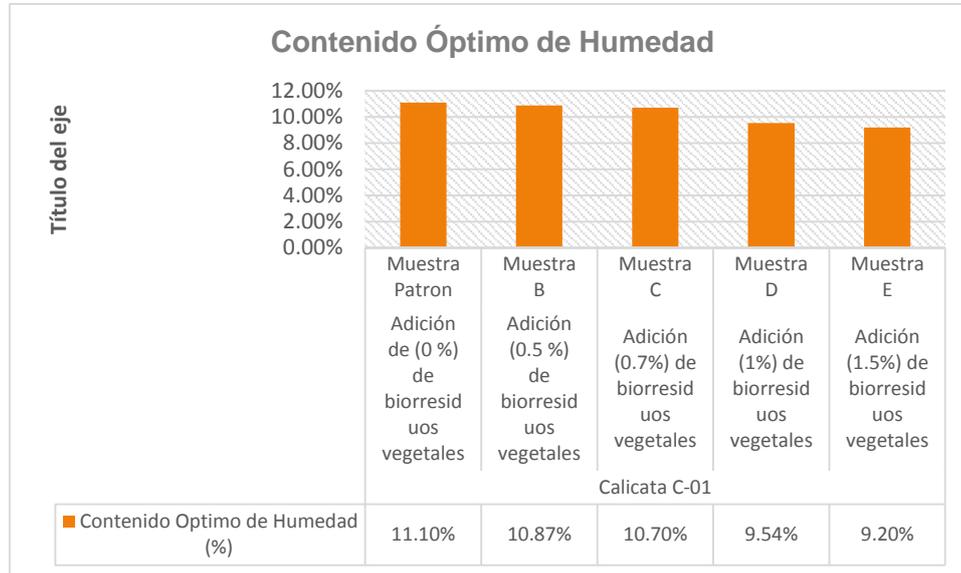
Los ensayos empleados para obtener resistencia a la compresión son los adecuados, debido a que permitió determinar los valores al adicionar 0.5%, 0.7% 1% y 1.5% fibras de biorresiduos vegetales.

*Contenido Optimo de Humedad*

Para Guerra Armas, Kehila Bethsua Elipheleth (2019) en sus tesis titulada” Capacidad portante (CBR) de tres suelos arcillosos incorporando fibra de pseudotallo de plátano en diferentes porcentajes “el contenido óptimo de humedad en la muestra patrón fue 30,000 %, y al adicionar 0.25%, 0.50% y 0.75% de fibras de pseudotallo de plátano fue: 26,00%, 28,02%, y 28.50%, incrementando la el contenido de humedad respecto a la muestra patrón.



En nuestra investigación el COH en la muestra patrón fue 11.10 y al adicionar 0.5%, 0.7%, 1% y 1.5% de fibras de biorresiduos vegetales fue: 10.87%, 10.70% 9.54%, 9.20 % disminuyendo el contenido óptimo de humedad con respecto a la muestra patrón.



Para Guerra (2019), al adicionar fibra de pseudotallo de plátano al 0%, 0.25%, 0.50% , 0.75% en la muestra patrón, el contenido óptimo de humedad se incrementó en 26.00%, 28.02% y 28.50% respectivamente, y en la presente investigación al adicionar fibras de biorresiduos vegetales al 0 %, 0.5%, 0.7 , 1%, 1.5% en la muestra patrón disminuyo en: 10.87%, 10.70% , 9.54% y 9.20% respectivamente, existiendo discrepancia en los resultados.

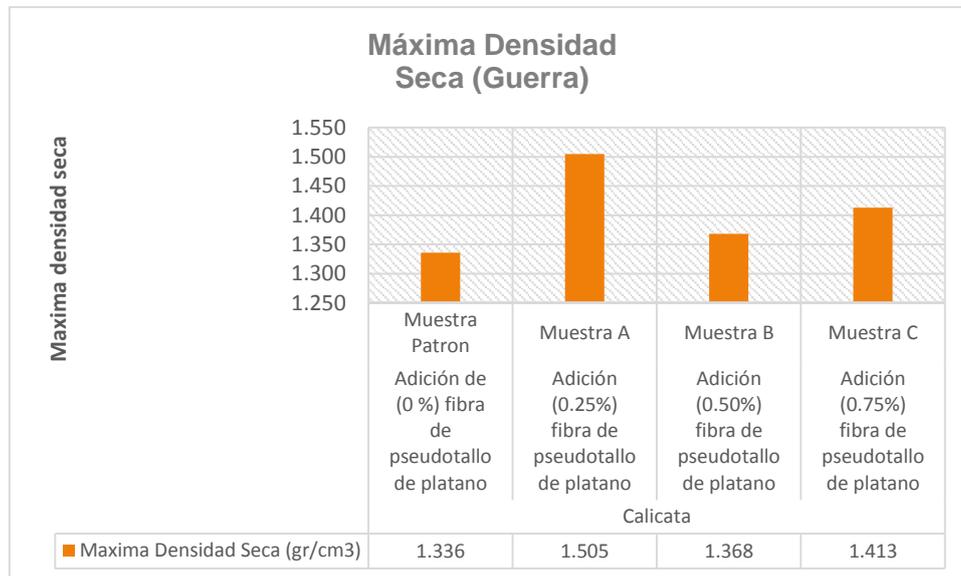
Los resultados Guerra (2020) cumplen con el contenido óptimo de humedad según la norma I.N.V.E-148 articulo 220; en nuestro caso cumple al adicionar 0.5%, 0.7%, 1.0%, 1.5%, de fibra de biorresiduos vegetales.

Los ensayos empleados para obtener el contenido óptimo de humedad son los adecuados, debido a que permitió determinar los valores al adicionar 0.5%, 0.7% 1% y 1.5% fibras de biorresiduos vegetales.

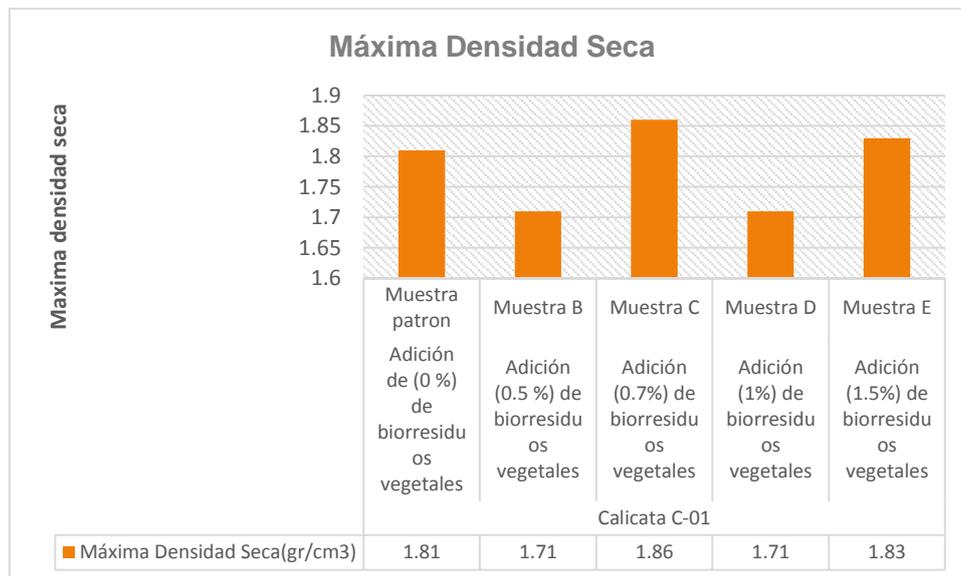
*Máxima Densidad seca*

Para Guerra Armas, Kehila Bethsua Elipheleth (2019) en sus tesis titulada” Capacidad portante (CBR) de tres suelos arcillosos incorporando fibra de pseudotallo de plátano en diferentes porcentajes” la máxima densidad seca en la

muestra patrón fue 1.336gr/cm<sup>3</sup> %, y al adicionar 0.25%, 0.50% y 0.75% de fibras de pseudotallo de plátano fue: 1.505gr/cm<sup>3</sup>, 1.368gr/cm<sup>3</sup>, 1.413gr/cm<sup>3</sup>, incrementando la máxima densidad seca respecto a la muestra patrón.



En nuestra investigación la MDS en la muestra patrón fue 1.81gr/cm<sup>3</sup> y al adicionar 0.5%, 0.7%, 1% y 1.5% de fibras de biorresiduos vegetales fue: 1.71gr/cm<sup>3</sup>, 1.86gr/cm<sup>3</sup>, 1.71gr/cm<sup>3</sup>, 1.83gr/cm<sup>3</sup> incrementando la máxima densidad seca con respecto a la muestra patrón.



Para Guerra (2019), al adicionar fibra de pseudotallo de plátano al 0%, 0.25%, 0.50%, 0.75% en la muestra patrón, la máxima densidad seca se incrementó en 1.505gr/cm<sup>3</sup>, 1.368gr/cm<sup>3</sup>, 1.413gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, y en la presente investigación al adicionar fibras de biorresiduos vegetales al 0 %, 0.5%, 0.7 , 1%,

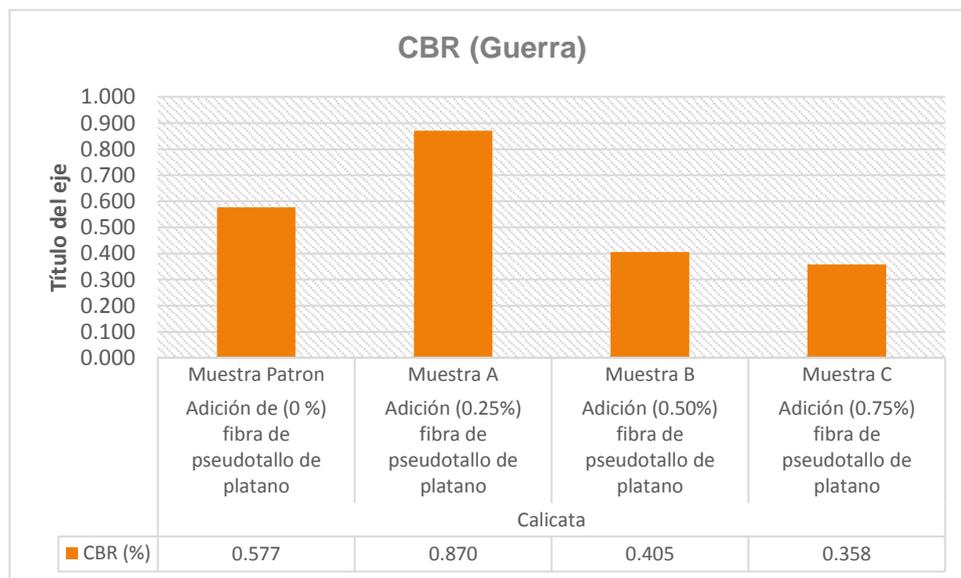
1.5% en la muestra patrón incremento ligeramente en: 1.71gr/cm<sup>3</sup>, 1.86gr/cm<sup>3</sup>, 1.71gr/cm<sup>3</sup>, 1.83gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, existiendo concordancia en los resultados.

Los resultados Guerra (2020) cumplen con la máxima densidad seca según la norma I.N.V.E-148 artículo 220; en nuestro caso cumple al adicionar 0.5%, 0.7%, 1.0%, 1.5%, de fibra de biorresiduos vegetales.

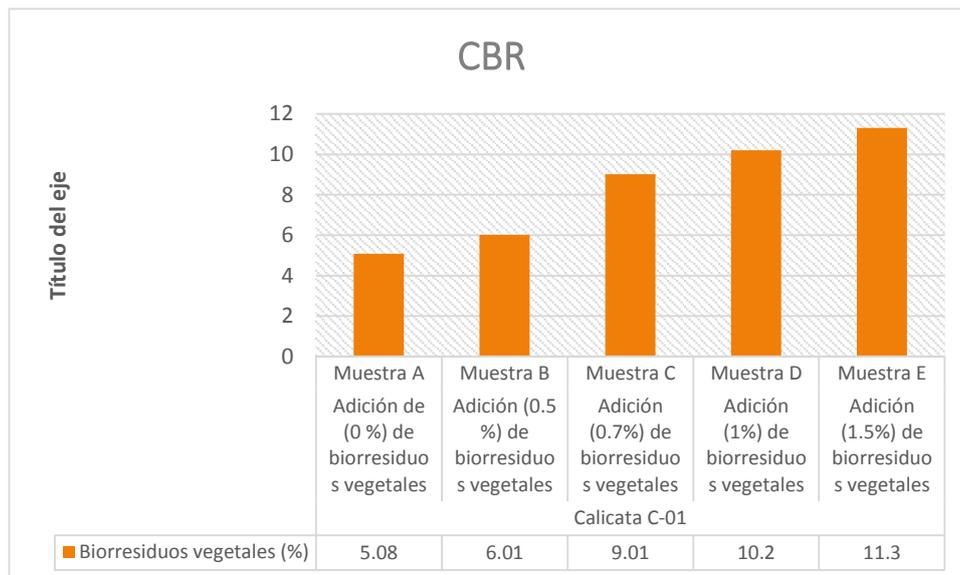
Los ensayos empleados para obtener la máxima densidad seca son los adecuados, debido a que permitió determinar los valores al adicionar 0.5%, 0.7% 1% y 1.5% fibras de biorresiduos vegetales.

### CBR

Para Guerra Armas, Kehila Bethsua Elipheleth (2019) en sus tesis titulada "Capacidad portante (CBR) de tres suelos arcillosos incorporando fibra de pseudotallo de plátano en diferentes porcentajes" el CBR en la muestra patrón fue 0.577 %, y al adicionar 0.25%, 0.50% y 0.75% de fibras de pseudotallo de plátano fue: 0,870%, 0.405%, 0.358%, disminuyendo el CBR con respecto a la muestra patrón.



En nuestra investigación el CBR en la muestra patrón fue 5.08 y al adicionar 0.5%, 0.7%, 1% y 1.5% de fibras de biorresiduos vegetales fue: 6.01%, 9.01% ,10.2%, 11.3% incrementando el CBR con respecto a la muestra patrón



Para Guerra (2019), al adicionar fibra de pseudotallo de plátano al 0%, 0.25%, 0.50%, 0.75% en la muestra patrón, el CBR se incrementa y luego tiene a disminuir a 0.870%, 0.405%, 0.358% respectivamente, y en la presente investigación al adicionar fibras de biorresiduos vegetales al 0%, 0.5%, 0.7, 1%, 1.5% en la muestra patrón incremento en: 6.01%, 9.01%, 10.2%, 11.3% respectivamente, existiendo discrepancia en los resultados.

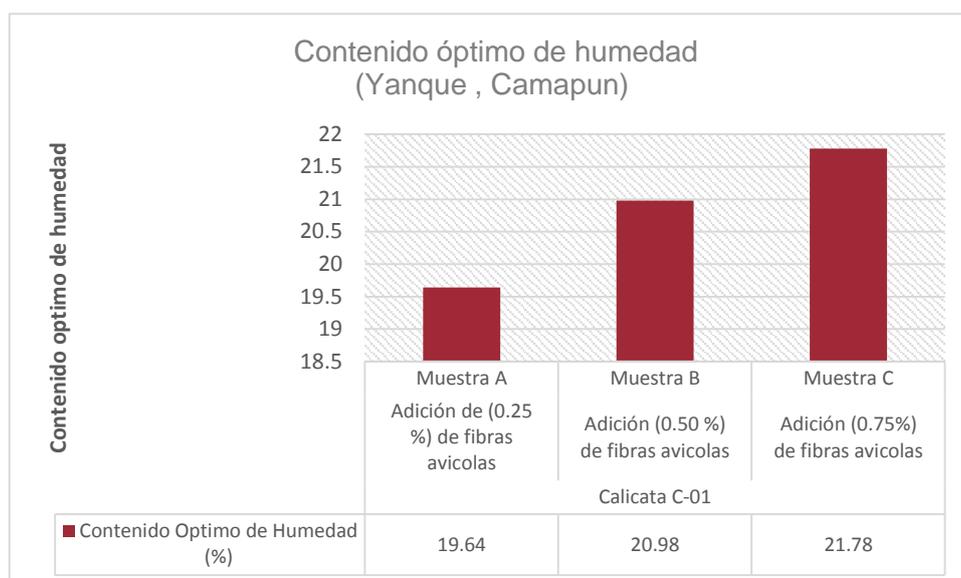
Los resultados Guerra (2020) no cumplen con el CBR mínimo de 6% según la norma ASTM D1883; en nuestro caso cumple al adicionar 0.5%, 0.7%, 1.0%, 1.5%, de fibra de biorresiduos vegetales.

Los ensayos empleados para obtener CBR son los adecuados, debido a que permitió determinar los valores al adicionar 0.5%, 0.7% 1% y 1.5% fibras de biorresiduos vegetales.

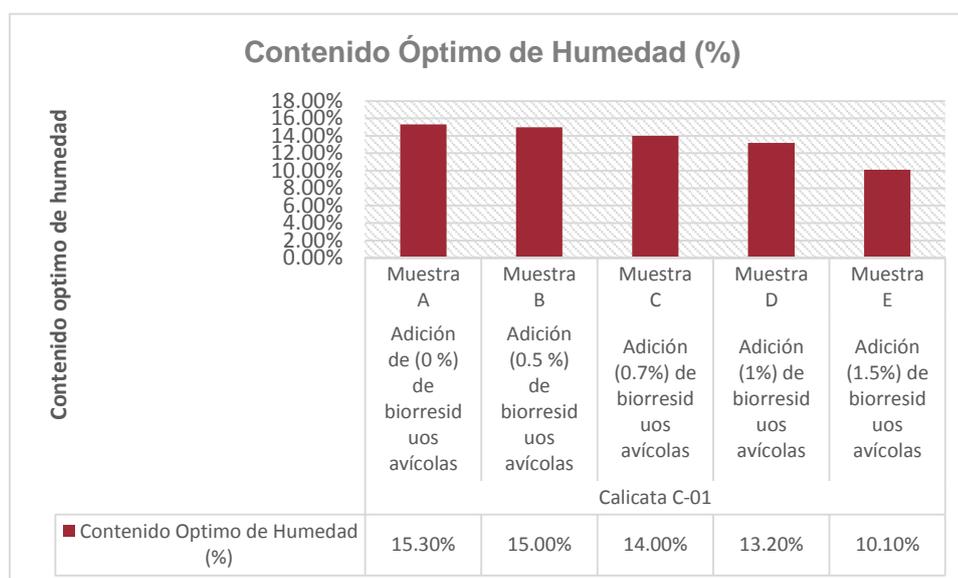
Propiedades mecánicas con adición de fibras de biorresiduos avícolas.

#### *Contenido óptimo de humedad*

Para Yanque Rosmery, Camapun Carvalo (2020), en su revista publicada con el título "Análisis de la Resistencia a la Tracción en Suelos Reforzados con Fibras de Origen Animal – Plumas de Pollo" el contenido óptimo de humedad al adicionar 0.25%,0.50%.0.75 incrementando el contenido óptimo de humedad en 19.64%, 20.98%,21.78%.



En nuestra investigación el contenido óptimo de humedad del suelo en la muestra patrón fue de 15.30 %, y al adicionar 0.5%, 07%,1%, 1.5%, fibra de biorresiduos avícolas fue: 15.00 %, 14.00, 13.20%, 10.10% disminuyendo el contenido óptimo de humedad con respecto a la muestra patrón.



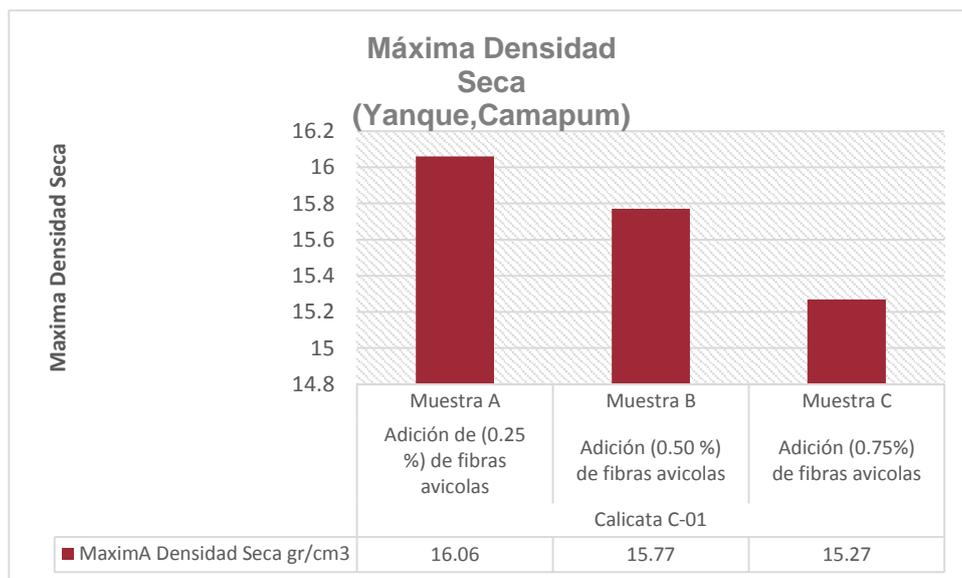
Para Yanque Rosmery, Camapun Carvalo (2020), al adicionar fibra de pluma de pollo al 0.25%, 0.50%, 0.75%, el contenido óptimo de humedad incremento en 19.64%,20.98%, 21.78% respectivamente y en la presente investigación al adicionar fibras de biorresiduos avícolas al 0.5%, 0.7%, 1.0%, 1.5%, en la muestra patrón disminuye en: 15.00%,14.00%,13.20%,10.10% existiendo una discrepancia en los resultados.

Los resultados de Yanque Rosmery, Camapun Carvalo (2020) no cumplen con el contenido óptimo de humedad según la norma I.N.V.E-148 artículo 220; en nuestro caso cumple al adicionar 0.5%, 0.7%, 1.0%, 1.5%, de fibra de biorresiduos avícolas.

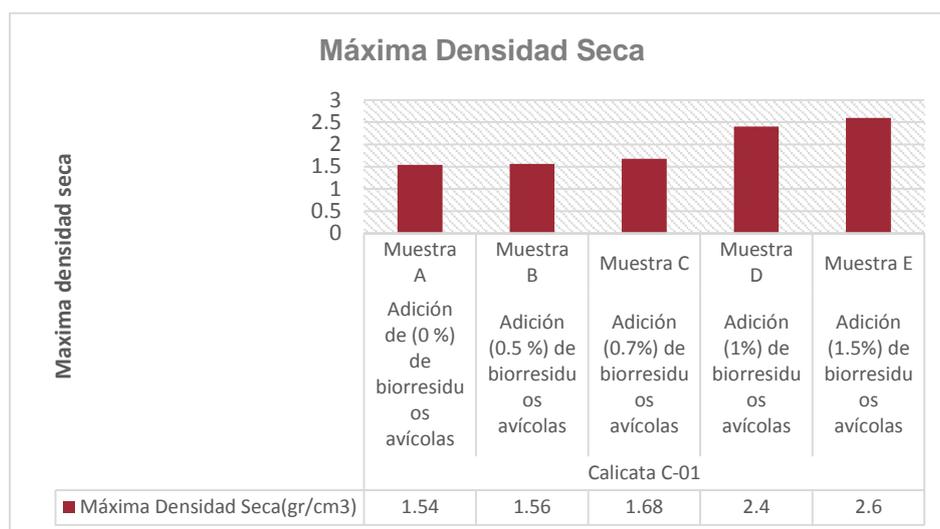
Los ensayos empleados para obtener el contenido óptimo de humedad son los adecuados, debido a que permitió determinar los valores al adicionar 0.5%, 0.7% 1% y 1.5% fibras de biorresiduos avícolas.

*Máxima densidad seca*

Para Yanque Rosmery, Camapun Carvalo (2020), en su revista publicada con el título "Análisis de la Resistencia a la Tracción en Suelos Reforzados con Fibras de Origen Animal – Plumas de Pollo" la máxima densidad seca máxima en los porcentajes 0.25%,0.50%.0.75 de plumas de pollo fue 16.06 gr/cm<sup>3</sup>, 15.77gr/cm<sup>3</sup>, 15.27gr/cm<sup>3</sup> simultáneamente.



En nuestra investigación la máxima densidad del suelo en la muestra patrón fue de 1.54 gr/cm<sup>3</sup> y al adicionar 0.5%, 07%,1%, 1.5%, fibra de biorresiduos avícolas fue: 1.56gr/cm<sup>3</sup>, 1.68gr/cm<sup>3</sup>, 2.4gr/cm<sup>3</sup>, 2.6gr/cm<sup>3</sup> incrementando la máxima densidad seca con respecto a la muestra patrón.



Para Yanque Camapun (2020), al adicionar fibra de pluma de pollo al 0.25%, 0.50%, 0.75% en la muestra disminuyo en 16.06gr/cm<sup>3</sup>, 15.77gr/cm<sup>3</sup>, 15.27gr/cm<sup>3</sup> respectivamente y en la presente investigación al adicionar fibras biorresiduos avícolas al 0.5%, 0.7%, 1.0%, 1.5%, incrementa la MDS en: 1.56gr/cm<sup>3</sup>, 1.68gr/cm<sup>3</sup>, 2.4 gr/cm<sup>3</sup>, 2.6gr/cm<sup>3</sup> respectivamente existiendo una discrepancia en los resultados.

Los resultados de Yanque y Camapun (2020) no cumplen con la norma I.N.V.E-148 articulo 220; en nuestro caso cumple al adicionar 0.5%, 0.7%, 1.0%, 1.5%, de fibra de biorresiduos avícolas.

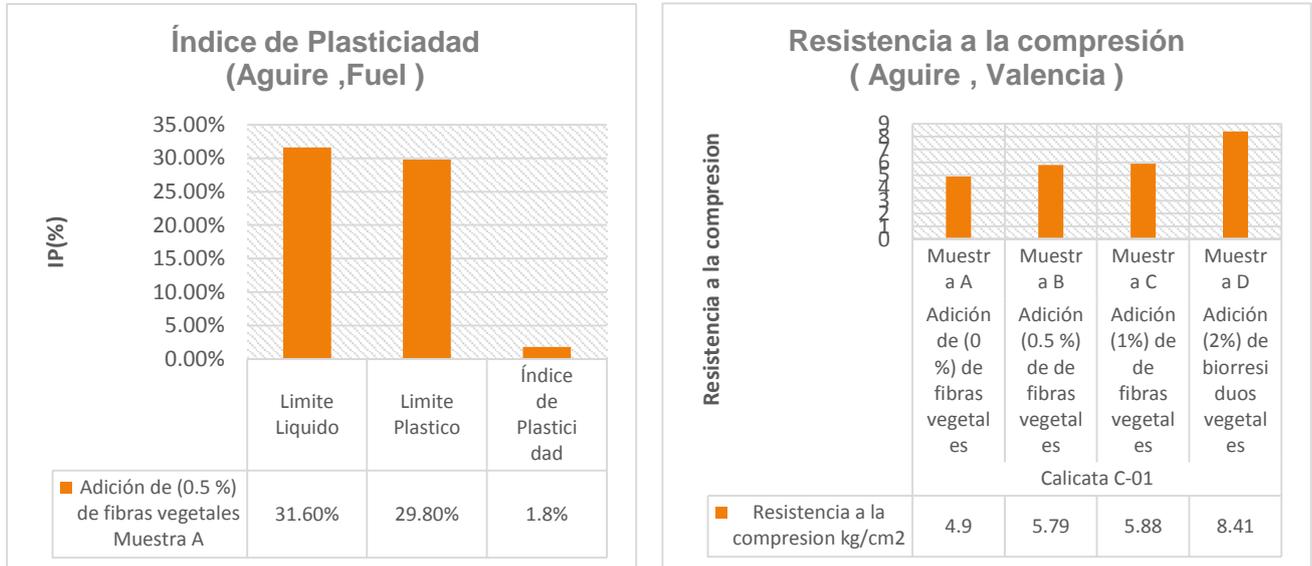
Los ensayos empleados para obtener la máxima densidad seca son los adecuados, debido a que permitió determinar los valores al adicionar 0.5%, 0.7% 1% y 1.5% fibras de biorresiduos avícolas.

**Objetivo específico 3:** Determinar cómo influye la dosificación de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en las propiedades físicas mecánicas de la subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022.

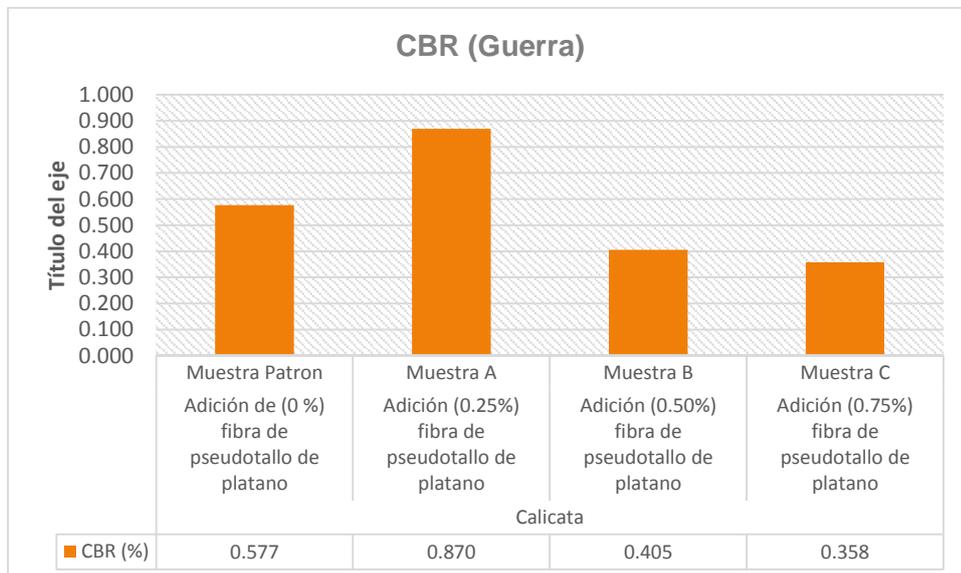
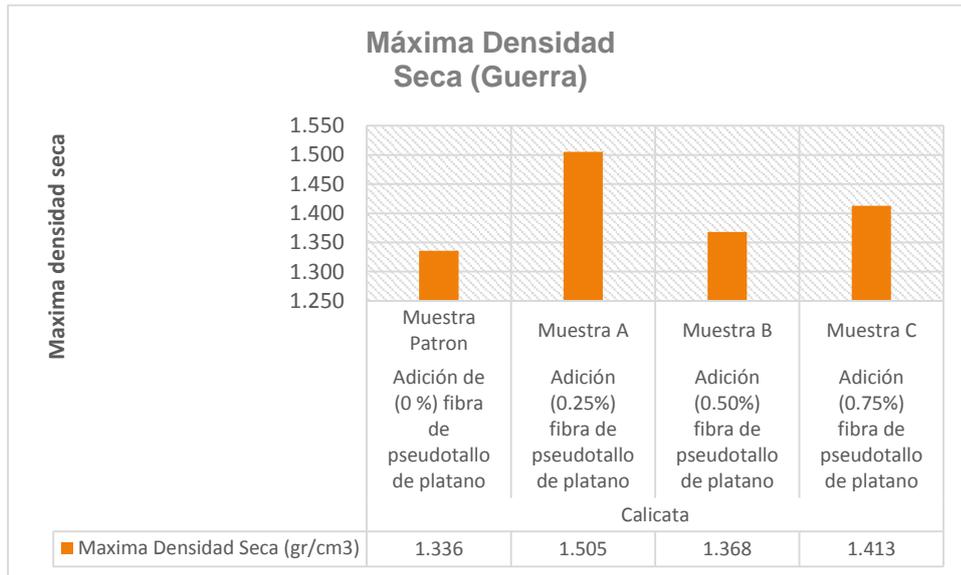
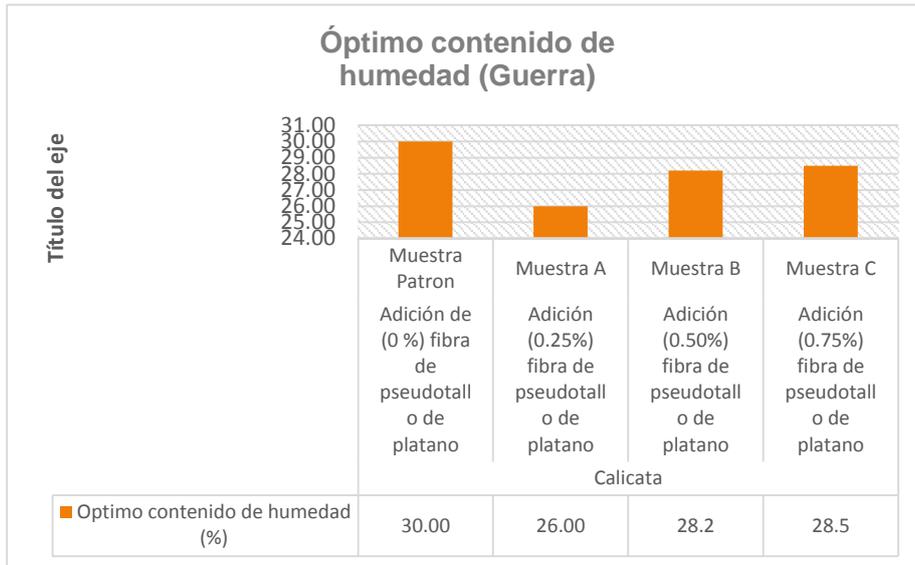
Propiedades físico mecánicas con adición de fibras de biorresiduos vegetales.

Para Aguirre Fuelantala, Guillermo Alberto y Fuel Valencia, Jairo Fernando (2020) en su tesis de investigación titulada “Mejoramiento de las propiedades mecánicas de suelos finos mediante la adición de residuos provenientes de fibras vegetales” el índice de plasticidad en la muestra patrón fue obtenido 1.8% y al adicionar 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, de fibra natural resulto NP disminuyendo el IP con respecto a la

muestra patrón. Para la resistencia de la compresión en la muestra patrón tuvo 4.9kg/cm<sup>2</sup>, y con adición de 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, se tuvo: 5.79kg/cm<sup>2</sup>,5.88kg/cm<sup>2</sup>,8.41kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.



Para Guerra Armas, Kehila Bethsua Elipheleth (2019) en sus tesis titulada” Capacidad portante (CBR) de tres suelos arcillosos incorporando fibra de pseudotallo de plátano en diferentes porcentajes “el contenido óptimo de humedad en la muestra patrón fue 30,000 %, y al adicionar 0.25%, 0.50% y 0.75% de fibras de pseudotallo de plátano fue: 26,00%, 28,02%, y 28.50%, incrementando el contenido de humedad respecto a la muestra patrón. El contenido óptimo de humedad en la muestra patrón fue 30,000 %, y al adicionar 0.25%, 0.50% y 0.75% de fibras de pseudotallo de plátano fue: 26,00%, 28,02%, y 28.50%, incrementando la el contenido de humedad respecto a la muestra patrón. La máxima densidad seca en la muestra patrón fue 1.336gr/cm<sup>3</sup> %, y al adicionar 0.25%, 0.50% y 0.75% de fibras de pseudotallo de plátano fue: 1.505gr/cm<sup>3</sup>, 1.368gr/cm<sup>3</sup>, 1.413gr/cm<sup>3</sup>, incrementando la máxima densidad seca respecto a la muestra patrón. el CBR en la muestra patrón fue 0.577 %, y al adicionar 0.25%, 0.50% y 0.75% de fibras de pseudotallo de plátano fue: 0,870%, 0.405%, 0.358%, disminuyendo el CBR con respecto a la muestra patrón.



## VI. CONCLUSIONES

1.- Se llega a comprobar la primera hipótesis específica planteada, donde indica que la adición de biorresiduos avícolas y vegetales influye en las propiedades físicas de la carretera Choquequirao –cusco.

Al adicionar biorresiduos vegetales 0.5%, 0.7. 1%, 1.5%, el IP en la muestra suelo con respecto a la muestra patrón C-01 0%(17.03%) y es así tiende a reducir el IP de los cuales se tiene 16.66% ,15.62%,13.13%,10.85% con respecto a la muestra patrón. Se llega a la conclusión que se llega a reducir el porcentaje con respecto a la muestra patrón pero no se cumple con el valor mínimo exigido por la NTP 339.129 y MTC suelos y pavimentos 2014 con un mínimo de 0% y un máximo de 7.

-Al adicionar biorresiduos avícolas 0.5%, 0.7. 1%, 1.5%, el IP en la muestra suelo con respecto a la muestra patrón C-01 0%(7.89%) y es así que incrementa con la adición de 0.5% la cual obtuvo 8.10% y luego tiende a disminuir con la adición 0.7% se obtuve 7.12 %, 6.32%,4.91% respectivamente con respecto a la muestra patrón., Así logrando cumplir valor mínimo exigido por la NTP 339.129 y MTC suelos y pavimentos 2014 con un mínimo de 0% y un máximo de 7 denominándolo como suelo de baja plasticidad evitando la sensibilidad al agua y obteniendo una buen suelo para el mejoramiento de la subrasante.

2.- Se llega a comprobar para la segunda hipótesis específica planteada, donde indica que la adición de biorresiduos avícolas y vegetales influye en las propiedades mecánicas de la carretera Choquequirao-Cusco.

- Al adicionar biorresiduos vegetales 0.5%, 0.7. 1%, 1.5%, el OCH en la muestra de suelo, respecto a la muestra patrón C-01 0% (11.10%), es así que va reduciendo en las dosificaciones de 0.5% (10.87%) 0.7 %(10.70%), 1%(9.54%) ,1.5%( 9.20%) respectivamente, cumpliendo con la NTP 339.141 y MTC suelos y pavimentos 2014.

- Al adicionar biorresiduos avícolas 0.5%, 0.7. 1%, 1.5%, el OCH en la muestra de suelo, respecto a la muestra patrón C-01 0% (15.30%), incrementa en las dosificaciones de 0.5% (15.00%) 0.7%(14.00%), 1%(13.20%), 1.5% (10.10) respectivamente, cumpliendo con la NTP 339.141 y MTC suelos y pavimentos 2014.

- Al adicionar biorresiduos avícolas en dosificaciones 0.5%,0.7% 1%, 1.5%, el MDS en la muestra de suelo, respecto a la muestra patrón C-01 0% (1.54gr/cm<sup>3</sup>), aumenta en las dosificaciones de 0.5% (1.56gr/cm<sup>3</sup>), 0.7 % (1.68gr/cm<sup>3</sup>), 1. % (2.40gr/cm<sup>3</sup>), 1.5 % (2.60gr/cm<sup>3</sup>) respectivamente, cumpliendo con la NTP 339.141 y MTC suelos y pavimentos 2014 donde indica que a mayor densidad se obtiene más resistencia y disminuye su porosidad.

- Al adicionar biorresiduos vegetales en dosificaciones 0.5%,0.7% 1%, 1.5%, el MDS en la muestra de suelo, respecto a la muestra patrón C-01 0% (1.81gr/cm<sup>3</sup>), disminuye en las dosificaciones de 0.5% (1.71gr/cm<sup>3</sup>), 0.7 % (1.86gr/cm<sup>3</sup>), 1. % (1.71/cm<sup>3</sup>), 1.5 % (1.81 gr/cm<sup>3</sup>) respectivamente, cumpliendo con la NTP 339.141 y MTC suelos y pavimentos 2014 recalcando que a mayor densidad se obtiene más resistencia y disminuye su porosidad.

- Al adicionar biorresiduos avícolas en dosificaciones 0.5%,0.7% 1%, 1.5%, resistencia a la compresión en la muestra de suelo, respecto a la muestra patrón C-01 0% (2.21/cm<sup>2</sup>), aumenta en las dosificaciones de 0.5% (4.42gr/cm<sup>2</sup>), 0.7 % (4.37gr/cm<sup>2</sup>), 1. % (10.50/cm<sup>2</sup>), 1.5 % (12.88 gr/cm<sup>2</sup>) respectivamente, cumpliendo con la NTP 339.141 y MTC suelos y pavimentos 2014.

- Al adicionar biorresiduos vegetales en dosificaciones 0.5%,0.7% 1%, 1.5%, resistencia a la compresión en la muestra de suelo, respecto a la muestra patrón C-01 0% (3.01/cm<sup>2</sup>), aumenta en las dosificaciones de 0.5% (12.67gr/cm<sup>2</sup>), 0.7 % (15.68gr/cm<sup>2</sup>), 1. % (16.41/cm<sup>2</sup>), 1.5 % (17.02 gr/cm<sup>2</sup>) respectivamente, cumpliendo con la NTP 339.141 y MTC suelos y pavimentos 2014.

- Al adicionar biorresiduos avícolas en dosificaciones 0.5%,0.7% 1%, 1.5%, CBR en la muestra de suelo, respecto a la muestra patrón C-01 0% (5.8%), aumenta en las dosificaciones de 0.5% (6.2%), 0.7 % (7.1%), 1. % (8.9), 1.5 % (9.5%) respectivamente, cumpliendo con la NTP 339.141 y MTC suelos y pavimentos 2014.

- Al adicionar biorresiduos vegetales en dosificaciones 0.5%,0.7% 1%, 1.5%, CBR en la muestra de suelo, respecto a la muestra patrón C-01 0% (5.8%), aumenta en las dosificaciones de 0.5% (6.01%), 0.7 % (9.1%), 1. % (10.2), 1.5 % (11.3%)

respectivamente, cumpliendo con la NTP 339.141 y MTC suelos y pavimentos 2014.

## VII. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se tiene por recomendaciones lo siguiente.

1.-Se recomienda que se busque otras alternativas de solución para estabilización de suelo para subrasante como son los biorresiduos avícolas y vegetales donde el proceso de aplicación es económico y sobre todo es mitigar el impacto ambiental ya que estos biorresiduos son degradables con los años.

2.-Se recomienda tener cuidado al momento de manipular las muestras obtenidas de las calicatas ya que deben ser cuidadas hasta llegar al momento y conservar el contenido de humedad que esta pueda tener antes de ser manipulado para iniciar los ensayos en laboratorio.

3.-Se recomienda para el ensayo granulométrico cumplir con las Normas ASTM D422-MTC E107.

4.-Se recomienda el uso de biorresiduos avícolas y vegetales para el mejoramiento de las propiedades de la subrasante ya que reduce el índice de plasticidad con respecto a biorresiduos avícolas se recomienda usar con 0.7% ya que se obtiene 25.73% y con otros valores inferiores para obtener mejores resultados, así mismo se tiene respecto a los biorresiduos vegetales se recomienda usar con 0.7 para obtener buenos resultados.

5.- Se recomienda usar 0.7% con respecto a los biorresiduos vegetales y avícolas para obtener mejores resultados de contenido óptimo de humedad y máxima densidad seca ya que se logra obtener mejores resultados.

5.-Se recomienda antes de realizar el ensayo de resistencia a compresión que los biorresiduos avícolas (pluma de pollo y vegetales (pelo de choclo) sean cortados de 1cm para evitar fisuras en las probetas. Así mismo para obtener mejor resultado usar con 0.7% y porcentajes mayores para obtener mejores resultados con respecto a resistencia a la compresión.

6.- Se recomienda usar 1% con adición de biorresiduos vegetales para obtener mejores resultados así mismo para los biorresiduos avícolas usar 1% ya que se observa que aumenta la capacidad de soporte.

7.-Se recomienda que el laboratorio sea confiable y cumpla con todas las normas vigentes, certificados de calibración para que los datos obtenidos del laboratorio cuenten con la validez que este requiere para todo tipo de investigación.

## Referencias

1. AGUIRRE FUELANTALA, GUILLERMO ALBERTO Y FUEL VALENCIA, JAIRO FERNANDO. Mejoramiento de las propiedades mecánicas de suelos finos mediante la adición de residuos provenientes de fibras vegetales. Universidad Militar Nueve de Octubre. Bogotá : s.n., 2020. pág. 5.
2. BARRAGÁN GARZÓN, CAMILO ANDRÉS Y CUERVO CAMACHO, HAROLD ALEXANDER. Análisis del comportamiento físico mecánico de la adición de la ceniza de cascarilla de arroz de la variedad blanca a un suelo arenoso arcilloso. Girardort- Cundinamarca : s.n., 27 de septiembre de 2019, Repositorio de la universidad piloto de Colombia sección alto Magdalena, pág. 9.
3. ROMERO FERRER, WAGNER MANUEL Y SOLAR ZEGARRA, HENRY RUBEN(2020) Influencia del porcentaje de ceniza de cáscaras de arroz y residuos de conchas de abanico sobre el índice de CBR en la estabilización de un suelo arcilloso, en el distrito de San Pedro de Lloc. Trujillo : s.n., 18 de noviembre de 2020, Repositorio Institucional UPN, pág. 1.
4. NEYRA LEON, MERCEDES LUCÍA(2020). *Efecto de la incorporación de las cenizas de caña de azúcar en subrasantes arenos-limosas*. Piura, Universidad de Piura. Piura : s.n., pág. 5.
5. LLAMOGA VÁSQUEZ, LUZ YANET(2017). Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de suelos arcillosos usados en subrasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz,. 06 de octubre de 2017, Repositorio institucional.
6. MTC (2014) Manual de carreteras suelos, geología, geología, geología, geotécnica y pavimentos. primera. Lima : Macro, 2014.
7. BONO CABRÉ, ROSER(1997) Diseño cuasi-experimentales y longitudinales.. Barcelona : s.n., 1997.
8. ANDRIANI, RINA YULIET Y DWIKI(2020) Utilización de carbón vegetal de cáscara de coco para mejorar la capacidad portante de arcilla como subrasante para pavimento de carreteras. Indonesia : s.n., 5-6 de octubre de 2020, IOPSCIENCE, Vol. 832.
9. KUMAR YADAV, ANJANI, Y OTROS(2017) Estabilización de suelo aluvial para subrasante utilizando Ceniza de Cáscara de Arroz, Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar y Ceniza de Estiércol de Vaca para caminos rurales. 10, Patna - Bihar - India : s.n., , Ciencia Directa, págs. 254-261.

10. LLANQUE AYALA, ROSEMARY JANNETH, CAMAPUM DE CALVALHO, JOSÉ Y FERNANDEZ HERNADEZ , ANA LAURA (2019). Resistencia a la Tracción en Suelos Reforzados con Fibras de Origen Animal - Plumaz de Pollo.. 2019, Sociedad Internacional de Mecánica de suelos e ingeniería Geotécnica, pág. 2246.
11. MONTE ZARAZUELA , ELDA, Y OTROS(2015) .Efecto de la estructura de la Keratina dela plumaz de pollo en la remediación expansiva del suelo. Querétaro : s.n., Hindawil.
12. OJEDA FARIAS, J M, MENDOZA RANGEL, M A Y BALTAZAR ZAMORA (2020)Influencia de la inclusión de ceniza de bagazo de caña de azúcar sobre la compactación, CBR y resistencia a la compresión simple de un material granular tipo subrasante. 2, Mexico : s.n., 28 de Agosto de 2020, Scielo, Vol. 8, págs. 194-208.
13. BRAJA M., DAS(2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. 4ta. México : Editores, S.A. deC.V., una Compañía de Cengage Learning, Inc.Corporativo Santa Fe,
14. TWENERGY(2020). Tipos de suelos. [En línea] 22 de julio de 2020. <https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/tipos-de-suelos/>.
15. GALERA A, A, y otros(2020) *biorresiduos: gestión y alternativas de utilización*. [En línea].[http://www.conama2012.conama.org/conama10/download/files/conama2014/CT%202014/Paneles/1896711352\\_panel.pdf](http://www.conama2012.conama.org/conama10/download/files/conama2014/CT%202014/Paneles/1896711352_panel.pdf).
16. MHT(2019). Pelo de choclo / Pelo de maíz. Medicamentos herbarios tradicionales. <https://www.minsal.cl/portal/url/item/7d99ff5a581bdbd7e04001011f016dc3.pdf>.
17. QUINTERO CURVELO, GINA A, HUERTAS DÍAZ , WILLIAM A Y OORTEGA DAVID, EDUAR. Procesamiento de plumaz de pollo para la obtención de queratina.. Bogotá : s.n., 10 de diciembre de 2019, UGCiencias.
18. BRAJA M., DAS.(2015) *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. D.F. México : Cengage Learning Editores, S.A. deC.V., una Compañía de Cengage Learning, Inc.Corporativo Santa Fe.
19. MONTEJO FONSECA, ALFONSO(2002). Ingeniería de pavimentos. Bogotá : s.n.,
20. YEPEZ PIQUERAS, VÍCTOR(2014) La estabilización de suelos. 23 de enero de 2014, Creative Commons.

21. PÉREZ Valcarcel, Juan(2018). Conceptos generales de mecanica del suelo. [En línea] 1998.
22. UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA (2016)Clasificacion de la fraccion fina de materiales provenientes de canteras aledañas a Bogotá, a partir de su valor de azul de metileno y su relación con la clasificación por el sistema unificados y sistema AASHTO .. Bogotá
23. DENOMINACIÓN: D 4318-05 (2022). Los métodos estándar de ensayo para Límite Líquido, Límite de plástico, y el índice de plasticidad de los suelos.] <https://ensayosdelaboratoriosuelos.files.wordpress.com/2015/12/traduccic3b3n-astm-d4318.pdf>.
24. SHUAN LUCAS, LUISA ESTHER Y BASURTO RAVICHAGUA, DANIEL JESUS. Límite líquido, Límite plástico e Índice plástico. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima : s.n., 2019.
25. QUIJANO OTALORA, YUBBER ALONSO Y MELO HERRERA, JUAN SEBASTIAN. Análisis de la variación de la densidad seca máxima y humedad óptima de afirmados provenientes de diferentes canteras de la sabana de Bogotá. Universidad de la Salle de Bogotá. Bogotá : s.n., 2020.
26. UNITEC (2019). Mecánica de suelos 1 Unitec. 2019. [Citado el: 27 de enero de 2022.] <https://mecanicadesuelos1unitec.wordpress.com/ensayo-compresion-simple/>.
27. RESITENCIA DE LA TRACCION (2004)(revision).
28. HERNANDEZ SAMPIERI , ROBERT, FERNÁNDEZ COLLADO, CARLOS Y BAPTISTA LUCIO, MA. DEL PILAR(2014). Metodología de la investigación . México : s.n.
29. ALONSO SERRANO, ATENEA, Y OTROS(2018). Metodo de investigacion de enfoque experimental.
30. FERNÁNDEZ GARCÍA , PAULA, Y OTROS. 2, SANTIAGO(2014) Validez estructurada para una investigación cuasi experimental de calidad. Se cumplen 50 años de la presentación en sociedad de los diseños cuasi-experimentales. F s.n., Vol. 30.
31. Tipos i niveles de investigación. [En línea] 17 de octubre de 2017. <http://devnside.blogspot.com/2017/10/tipos-y-niveles-de-investigacion.html>.

32. Tipos i niveles de investigacion (2017) . [En línea] 17 de octubre de 2017. <http://devnside.blogspot.com/2017/10/tipos-y-niveles-de-investigacion.html>.
33. AJUNTA DE ANDALUCIA(2022). Información ambiental Andalucía. [En línea] 2022. [Citado el: 24 de febrero de 2022.] [https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/landing-page-documento/-/asset\\_publisher/jXKpcWryrKar/content/experiencia-piloto-en-recogida-selectiva-de-biorresiduos/](https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/landing-page-documento/-/asset_publisher/jXKpcWryrKar/content/experiencia-piloto-en-recogida-selectiva-de-biorresiduos/).
34. BUENDIA , L, COLÁS , P y HERNÁNDEZ, (2001) Métodos de investigación en Psicopedagogía . Madrid : MacGraw Hill.
35. GRISALES -Propiedades físicas y mecánicas de los suelos. Simbasica, James. 06 de marzo de 2014.
36. ÓPEZ, Pedro Luiz(2004)Población muestra muestreo., Cochabamba : s.n., SCIELO, Vol. 9. ISSN 1815-0276.
37. HERNANDEZ SAMPIERI, ROBERTO, FERNÁNDEZ COLLADO, CARLOS Y BAPTISTA LUCIO, MA. DEL PILAR(2014) Metodología de la investigación. Mexico : McGraw Hill, 2014.
38. ÓPEZ, Pedro Luiz (2004)Poblacion Muestra Muestreo. Cochabamba : s.n., 2004, SCIELO, Vol. 9.
39. AZCONA, MAXIMILIANO, MANZINI , FERNANDO Y DORATI, JAVIER(2013) Precisiones metodológicas sobre la unidad de analisis y la unidad de observación. aplicación a la investigacion Psicológica. La plata : s.n.
40. GONZALES VALENCIA, GUSTAVO A(2011). Evaluacion en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias sociales. Baecelona : s.n.
41. HERNÁNDEZ SAMPIERI, ROBERTO, HERNÁNDEZ COLLADO, CARLOS Y BAPTISTA LUCIO, MA. DEL PILAR(2014) Metodología de la investigación. D.F. México : McGraw Hill,
42. HERNÁNDEZ Sampieri, Roberto, FERNÁNDEZ Collado, Carlos y BAPTISTA Lucio, Ma. del Pilar(2014). Metodología de la investigación. México : Mc Graw Hill, 2014.
43. MEZA, LUIS FELIPE(2021) 3 tipos de análisis de datos para mejorarla toma de decisiones.. Colombia : s.n., 16 de febrero de 2021, PRAGMA.
44. FERNÁNDEZ COLLADO, CARLOS , BAPTISTA LUCIO, PILAR Y HERNÁNDEZ SAMPIERI, ROBERTO(2014) Metodología de la investigacion. Guadalajara : s.n., 2014.

## Anexo 1 Matriz de Consistencia

**TÍTULO:** “Mejoramiento de las propiedades de la subrasante aplicando fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en la Carretera Choquequirao, Cusco 2022”

**AUTOR:** Br. Zavaleta Loaiza, Verónica/Choque huanca Arizaca Lucero.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<b>Problema General:</b> ¿Cómo influye la adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en las propiedades físico mecánicas de la subrasante de la carretera Choquequirao, Cusco-2022?	<b>Objetivo general:</b> Evaluar la influencia de la adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en las propiedades físico mecánicas de la subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022.	<b>Hipótesis general:</b> La adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en las propiedades físicas mecánicas de la subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022.	INDEPENDIENTE	Biorresiduos avícolas	Dosificación	0%	Balanza de medición
						0.5%	
0.7%							
1%							
1.5%							
0%							
0.5%							
0.7%							
1%							
1.5%							
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>					
<b>Problema específico N°01</b> ¿Cómo influye la adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en las propiedades físicas de la subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022?	<b>Objetivo específico N°01</b> Determinar cómo influye la adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en las propiedades físicas de la subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022.	<b>Hipótesis específico N°01</b> La adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales influirá en las propiedades físicas de la subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022.		Biorresiduos vegetales			
<b>Problema específico N°02</b> ¿Cómo influye la adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en las propiedades mecánicas de la subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022?	<b>Objetivo específico N°02</b> Determinar cómo influye la adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en las propiedades mecánicas de la subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022.	<b>Hipótesis específico N°02</b> La adición de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales influirá en las propiedades mecánicas de la subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022.	DEPENDIENTE	Subrasante	Propiedades Físicas	Granulometría (%)	Ficha de recolección de datos ASTM D422 MTC E 107
						Contenido de humedad (%)	Ficha de recolección de datos del ensayo según Norma ASTM D2216 MTC E 108
						Clasificación de suelos SUCS y ASSTHO	Ficha de recolección de datos del ensayo ASTM D2487 ASTM D3282
						Limite Liquido (%)	Ficha de recolección de datos, ASTM D4318, MTC E110-111)
						Limite Plástico (%)	Ficha de recolección de datos del ensayo , ASTM D4318
						Índice de Plasticidad (%)	Ficha de recolección de datos del ensayo de I. Plasticidad según norma ASTM D38
						<b>Problema específico N°03</b> ¿Cómo influye la dosificación de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en las propiedades físico mecánicas de la subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022?	<b>Objetivo específico N°03</b> Determinar cómo influye la dosificación de fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en las propiedades físico mecánicas de las subrasante en la carretera Choquequirao, Cusco-2022.
Compresión Simple (kg/cm <sup>2</sup> )	(ASTM D2166)						
Resistencia CBR	ASTM D1883 MTC E132						

## Anexo 2 Matriz de Operacionalización de Variables

**TÍTULO:** “Mejoramiento de las propiedades de la subrasante aplicando fibras de biorresiduos avícolas y vegetales en la Carretera Choquequirao, Cusco 2022”

**AUTOR:** Br. Zavaleta Loaiza, Verónica/Choquehuanca Arizaca Lucero.

VARIABLE DE LA INVESTIGACIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGÍA
Biorresiduos avícolas(pluma de pollo)	Se tiene como biorresiduo avícolas la pluma de pollo que viene hacer una estructura epidérmica que consta de un eje central rígido llamado raquis con paletas más suaves en cada lado, la paleta se compone de numerosas ramas laterales llamadas barbas .Se sabe que las plumas están conformada por queratina. Llanque, Carvalo, Fernandez (2014)	Para la adición de los biorresiduos avícolas es necesario conocer las propiedades de la pluma de pollo, al mismo tiempo se maneja a bases de dosificaciones con respecto a la muestra de suelo.	Dosificación	0% con respecto a la muestra del suelo	Razón	Tipo de Investigación: Aplicada
				0.5% con respecto a la muestra del suelo		
Biorresiduos vegetales (pelo de choclo)	Se tiene como biorresiduo vegetal a la fibra de seda de maíz más conocido como el pelo de choclo planta anual de la familia de las garmineas, con flores masculinas y femeninas separadas, estas últimas agrupadas en una espiga que madura convirtiéndose en una mazorca. Quintero(2019)	Para la adición de los biorresiduos vegetales necesario conocer las propiedades de la pluma de pollo, al mismo tiempo se maneja a bases de dosificaciones con respecto a la muestra de suelo.	Dosificación	0.7% con respecto a la muestra del suelo	Razón	Nivel de Investigación Explicativo
				1% con respecto a la muestra del suelo		
				1.5% con respecto a la muestra del suelo		
Propiedades Físico Mecánicas de la Subrasante	Las propiedades físicas de los suelos se determinan en forma simple, rápida y económica no se requiere de instalaciones costosas y con pocas excepciones se determinan en muestras alteradas. Estas propiedades sirven para encuadrar a los suelos dentro de los grupos en que las propiedades mecánicas son burdamente similares. Díaz(2017)	Las propiedades físicas del suelo se obtienen a través de los estudios hechos a la muestra obtenida de las calicatas como son la granulometria,contenido de humedad natural , Clasificación de suelos por el método AASHTO , SUCS , Limite liquido , limite plástico e índice de plasticidad.	Propiedades Físicas	Granulometría (%)	Razón	Muestras : probeta Muestreo No probabilístico
				Contenido de Humedad (%)		
				Clasificación de suelos (AASHTO, SUCS)		
				Limite liquido (%)		
				Limite Plástico (%)		
	Índice de Plasticidad (%)					
	Las propiedades mecánicas de los suelos requieren operaciones muy cuidadosas y equipo especial más aún que tal medición tenga utilidad práctica, debe hacerse en muestras de suelos representativas de las características de prototipo eso es muestras alteradas o bien directamente en situ. Díaz(2017)	Las propiedades mecánicas del suelo se realizan mediante ensayos en laboratorio con las muestras analizadas y una vez obtenidos el resultado de las propiedades físicas se procede hacer los ensayos de Compresión Simple, Resistencia a la compresión, Máxima densidad seca, óptimo contenido de humedad.	Propiedades Mecánicas	Máxima Densidad Seca (g/cm3) Optimo contenido de humedad (%)	Razón	Técnica: de observación Directa
Compresión simple (%)						
			CBR		Instrumentos: Recolección de Datos	
					Fichas de Recolección de datos, Equipo y Herramienta de laboratorio	
					Software de análisis de datos (Excel ,Ancova )	

### Anexo 3 Análisis estadístico de datos

XLSTAT 2020.1.1.64686 - ANCOVA - Comienzo: 07/03/2022 a las 18:57:11 / Final: 07/03/2022 a las 18:57:13

Y / Variables dependientes: Libro = Análisis resultados - Lucero y Veronica.xlsm

X / Cuantitativas: Libro = Análisis resultados - Lucero y Veronica.xlsm

X / Cualitativas: Libro = Análisis resultados - Lucero y Veronica.xlsm

Restricciones: an=0

Intervalo de confianza (%): 90

Tolerancia: 0.0001

Utilizar medias LS: Sí

Estadísticos descriptivos (Datos cuantitativos):

Pueba de la Hipótesis de la Máxima Densidad Seca

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Ds (g/cm3)	12	0	12	1.545	1.862	1.683	0.088
fv (kg/cm2)	12	0	12	2.206	16.406	8.841	4.848
Cohesión (kg/cm2)	12	0	12	1.103	8.203	4.421	2.424
Dosis pelo (%)	12	0	12	0.000	0.686	0.229	0.338
Dosis pluma (%)	12	0	12	0.000	0.091	0.030	0.045

Estadísticos descriptivos (Datos cualitativos):

Variable	Categorías	Cuentas	Frecuencias	%
Tipo suelo	CL	6	6	50.000
	SM	6	6	50.000

Matriz de correlaciones:

	Dosis pelo (%)	Dosis pluma (%)	Tipo suelo-CL	Tipo suelo-SM	Ds (g/cm3)	fv (kg/cm2)	Cohesión (kg/cm2)
Dosis pelo (%)	<b>1</b>	-0.500	0.000	0.000	-0.340	0.210	0.210
Dosis pluma (%)	-0.500	<b>1</b>	0.000	0.000	0.767	0.147	0.147
Tipo suelo-CL	0.000	0.000	<b>1</b>	-1.000	0.010	0.499	0.499
Tipo suelo-SM	0.000	0.000	-1.000	<b>1</b>	-0.010	-0.499	-0.499
Ds (g/cm3)	-0.340	0.767	0.010	-0.010	<b>1</b>	0.564	0.564
fv (kg/cm2)	0.210	0.147	0.499	-0.499	0.564	<b>1</b>	1.000
Cohesión (kg/cm2)	0.210	0.147	0.499	-0.499	0.564	1.000	<b>1</b>

Regresión de la variable **Ds (g/cm3)**:

Observaciones	12
Suma de los pesos	12
GL	8
R <sup>2</sup>	<b>0.591</b>

Cuando los valores de R2 son por encima de 0.45 quiere decir que tiene relación con la hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación.

Análisis de varianza (Ds (g/cm<sup>3</sup>)):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	3	0.050	0.017	3.853	<b>0.056</b>
Error	8	0.035	0.004		
Total corregido	11	0.085			

Parámetros del modelo (Ds (g/cm<sup>3</sup>)):

Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr >  t	Límite inferior (90%)	Límite superior (90%)
Intercepción	1.631	0.038	42.945	<b>&lt;0.0001</b>	1.561	1.702
Dosis pelo (%)	0.015	0.068	0.220	0.831	-0.111	0.141
Dosis pluma (%)	1.560	0.512	3.048	<b>0.016</b>	0.608	2.511
Tipo suelo-CL	0.002	0.038	0.043	0.967	-0.069	0.072
Tipo suelo-SM	0.000	0.000				

**Prueba las hipótesis:**

Prueba sobre la normalidad de los residuos (Shapiro-Wilk). (Ds (g/cm<sup>3</sup>)):

W	0.921
valor-p (bilateral)	0.291
alfa	0.1

Interpretación de la prueba:

**H0: Los residuos siguen una distribución Normal.**

Ha: Los residuos no siguen una distribución Normal.

Puesto que el valor-p calculado es mayor que el nivel de significación alfa=0.1, no se puede rechazar la hipótesis nula H0.

Prueba de Hipotesis para resistencia a la compresión

Estadísticos descriptivos (Datos cuantitativos):

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
fv (kg/cm <sup>2</sup> )	11	0	11	2.206	16.406	9.371	4.706
Dosis pelo (%)	11	0	11	0.000	0.686	0.250	0.346
Dosis pluma (%)	11	0	11	0.000	0.091	0.033	0.046

Estadísticos descriptivos (Datos cualitativos):

Variable	Categorías	Cuentas	Frecuencias	%
Tipo suelo	CL	5	5	45.455
	SM	6	6	54.545

Matriz de correlaciones:

	Dosis pelo (%)	Dosis pluma (%)	Tipo suelo-CL	Tipo suelo-SM	fv (kg/cm <sup>2</sup> )
Dosis pelo (%)	<b>1</b>	-0.571	0.069	-0.069	0.143
Dosis pluma (%)	-0.571	<b>1</b>	0.069	-0.069	0.073
Tipo suelo-CL	0.069	0.069	<b>1</b>	-1.000	0.694
Tipo suelo-SM	-0.069	-0.069	-1.000	<b>1</b>	-0.694
fv (kg/cm <sup>2</sup> )	0.143	0.073	0.694	-0.694	<b>1</b>

**Regresión de la variable fv (kg/cm<sup>2</sup>):**

Estadísticos de bondad del ajuste (fv (kg/cm<sup>2</sup>)):

Observaciones	11
Suma de los pesos	11
GL	7
R <sup>2</sup>	0.501

Análisis de varianza (fv (kg/cm<sup>2</sup>)):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	3	110.870	36.957	2.339	0.160
Error	7	110.596	15.799		
Total corregido	10	221.466			

Calculado contra el modelo  
Y=Media(Y)

Parámetros del modelo (fv (kg/cm2)):

Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr >  t	Límite inferior (90%)	Límite superior (90%)
Intercepción	5.638	2.434	2.316	<b>0.054</b>	1.026	10.249
Dosis pelo (%)	2.245	4.462	0.503	0.630	-6.208	10.697
Dosis pluma (%)	12.423	33.691	0.369	0.723	-51.408	76.253
Tipo suelo-CL	6.078	2.434	2.497	<b>0.041</b>	1.466	10.689
Tipo suelo-SM	0.000	0.000				

Prueba sobre la normalidad de los residuos (Shapiro-Wilk).  
(fv (kg/cm2)):

W	0.925
valor-p (bilateral)	0.360
alfa	0.1

Interpretación de la prueba:

H0: Los residuos siguen una distribución Normal.

Ha: Los residuos no siguen una distribución Normal.

Puesto que el valor-p calculado es mayor que el nivel de significación alfa=0.1, no se puede rechazar la hipótesis nula H0.

Prueba de hipótesis CBR

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
CBR (%)	9	0	9	5.080	11.300	8.144	2.126
Biorresiduos avícolas (%)	9	0	9	0.000	1.500	0.411	0.556
biorresiduos vegetales (%)	9	0	9	0.000	1.500	0.411	0.556

Estadísticos descriptivos (Datos cualitativos):

Variable	Categorías	Cuentas	Frecuencias	%
Biorresiduos avícolas (%)	0	5	5	55.556
	0.5	1	1	11.111
	0.7	1	1	11.111
	1	1	1	11.111
	1.5	1	1	11.111
biorresiduos vegetales (%)	0	5	5	55.556
	0.5	1	1	11.111
	0.7	1	1	11.111

1	1	1	11.111
1.5	1	1	11.111

Matriz de correlaciones

:

	Biorresiduos avícolas (%)	biorr residuos vegetales (%)	Biorresiduos avícolas (%)	biorr residuos vegetales (%)	CB R(%)								
	1	0.616	0.878	0.060	0.195	0.398	0.735	0.702	0.278	0.278	0.278	0.278	0.15
Biorresiduos avícolas (%)	1	0.616	0.878	0.060	0.195	0.398	0.735	0.702	0.278	0.278	0.278	0.278	0.15
Biorresiduos vegetales (%)	0.616	1	0.702	-0.278	0.278	0.278	0.278	0.878	0.060	0.195	0.398	0.735	0.70
Biorresiduos avícolas (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
Biorresiduos avícolas (%)	0.878	0.702	1	-0.395	0.395	0.395	0.395	0.800	0.316	0.316	0.316	0.316	0.98
Biorresiduos avícolas (%)	0.060	0.278	0.395	1	0.125	0.125	0.125	0.316	0.125	0.125	0.125	0.125	0.43
Biorresiduos avícolas (%)	0.195	0.278	0.395	-0.125	1	0.125	0.125	0.316	0.125	0.125	0.125	0.125	0.84
Biorresiduos avícolas (%)	0.398	0.278	0.395	-0.125	0.125	1	0.125	0.316	0.125	0.125	0.125	0.125	0.33
Biorresiduos avícolas (%)	0.735	0.278	0.395	-0.125	0.125	0.125	1	0.316	0.125	0.125	0.125	0.125	0.39
biorr residuos vegetales (%)	0.702	0.878	0.800	0.316	0.316	0.316	0.316	1	0.395	0.395	0.395	0.395	0.40
biorr residuos vegetales (%)	0.278	0.060	0.316	-0.125	0.125	0.125	0.125	0.395	1	0.125	0.125	0.125	0.76
biorr residuos vegetales (%)	0.278	0.195	0.316	-0.125	0.125	0.125	0.125	0.395	0.125	1	0.125	0.125	0.53
biorr residuos vegetales (%)	0.278	0.398	0.316	-0.125	0.125	0.125	0.125	0.395	0.125	0.125	1	0.125	0.63
biorr residuos vegetales (%)	0.278	0.735	0.316	-0.125	0.125	0.125	0.125	0.395	0.125	0.125	0.125	1	0.57
CBR (%)	0.115	0.670	0.098	-0.343	0.184	0.133	0.239	0.440	0.376	0.153	0.363	0.557	1

### Regresión de la variable CBR(%):

Estadísticos de bondad del ajuste (CBR (%)):

Observaciones	9
Suma de los pesos	9
GL	0
R <sup>2</sup>	1.000

Análisis de varianza (CBR (%)):

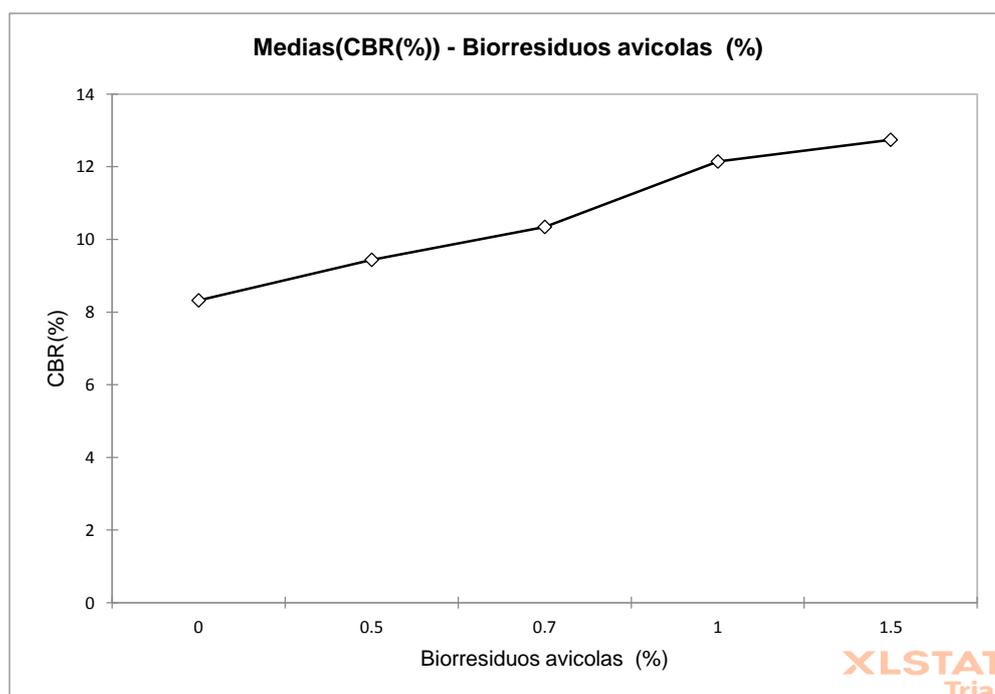
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	8	36.159	4.520		
Error	0	0.000			
Total corregido	8	36.159			

Calculado contra el modelo  $Y=Media(Y)$

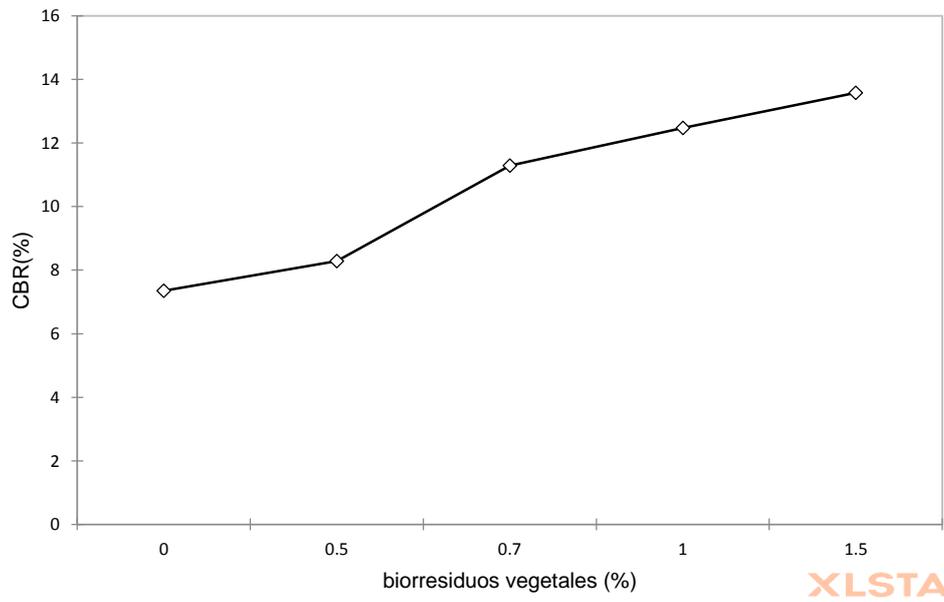
Interpretación (CBR(%)):

Dado el valor R<sup>2</sup>, las 2 variables explicativas explican el 100% de la variabilidad de la variable dependiente CBR(%).

Dado el valor p asociado al estadístico F calculado en la tabla ANOVA, y dado el nivel de significación del 5%, la información aportada por las variables explicativas es significativamente mejor que la que podría aportar únicamente la media.



Medias(CBR(%)) - biorresiduos vegetales (%)



XLSTAT  
Trial

## Anexo 4 Certificado de validación del instrumento de recolección de datos

### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: QUISPE HUAMAN, ROY EDGARDO  
 N° de Registro CIP : 128594  
 Especialidad : ING. CIVIL  
 Autor del instrumento : Br. Choquehuanca Arizaca, Lucero /Zavaleta Loaiza Verónica

Instrumento de evaluación : Densidad seca y contenido de humedad optima , Análisis Granulométrico por tamizado, Límites de Atterberg, Clasificación de Suelos, Cohesión , Compresión Simple , Resistencia a la tracción , Proctor Modificado .

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: <b>SUBRASANTE</b> en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: <b>SUBRASANTE</b>					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: <b>SUBRASANTE</b>					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						<b>50</b>

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

**5.0**

Cusco 17 de Enero del 2022



Roy E. Quispe Huaman  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 128594

### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Lodiza Cruz, Dilson Elvis  
N° de Registro CIP : 133295  
Especialidad : Ing. Civil  
Autor del instrumento : Br. Choqqeuanca Arizaca, Lucero /Zavaleta Loaiza Verónica

Instrumento de evaluación : Densidad seca y contenido de humedad optima , Análisis Granulométrico por tamizado, Límites de Atterberg, Clasificación de Suelos, Cohesión , Compresión Simple , Resistencia a la tracción , Proctor Modificado .

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: <b>SUBRASANTE</b> en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: <b>SUBRASANTE</b>					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: <b>SUBRASANTE</b>					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						<b>50</b>

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

**5.0**

Cusco 14 de Enero del 2022

  
Lodiza Cruz Dilson Elvis  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 133295



## Anexo 5 Ensayos

# CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO

MBA. Ing. Civil CIP 115764

RUC 10239763681 (Celular para consulta de asesores, dictaminantes, rectores, ministros, etc.: 984685155)

Consultor en geotecnia, con laboratorio propio.

## Informe 112-CEAJ-2022

### Informe de resultado de laboratorio:

#### Datos generales:

Solicitante(s): CHOQUEHUANCA ARIZACA, LUCERO: ZAVALETA LOAIZA, VERÓNICA.

Fecha del ensayo: del 7 de febrero al 10 de marzo de 2022.

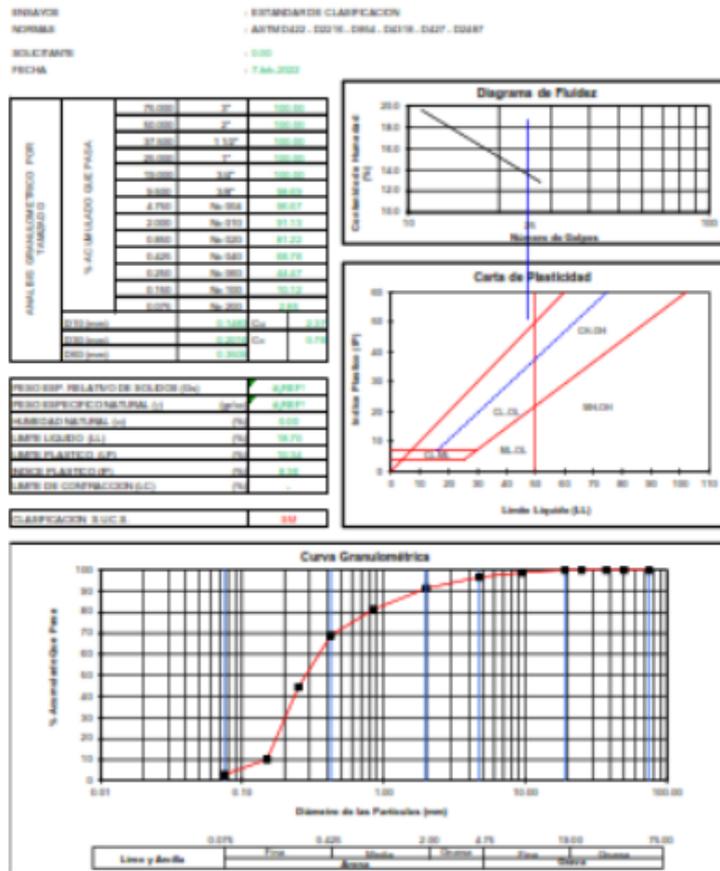
Dirección del laboratorio: Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú.

Muestreo, procedencia y manipulación del suelo hasta llegar al laboratorio: hecha por el solicitante.

#### Resultados:

#### Clasificación del suelo trabajado.

Tabla 1.



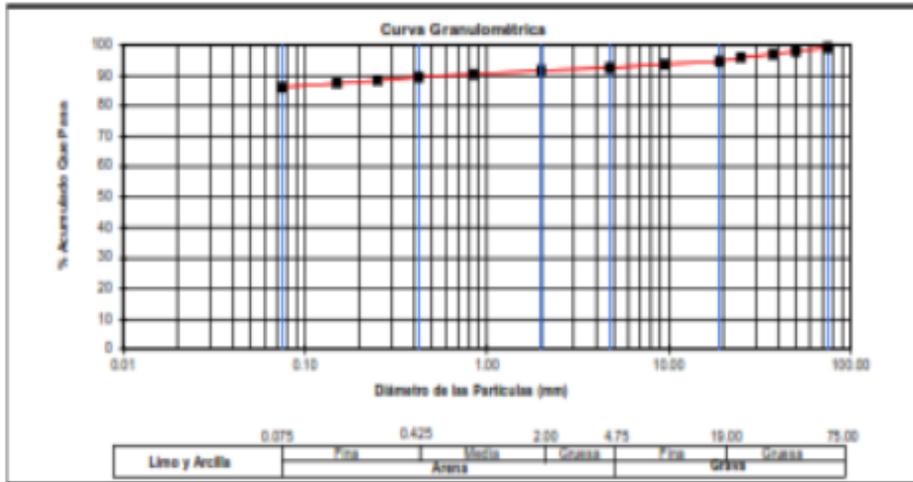
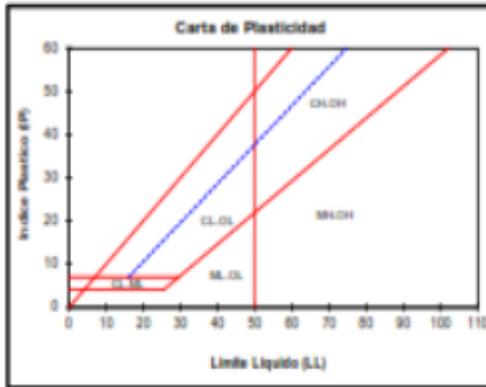
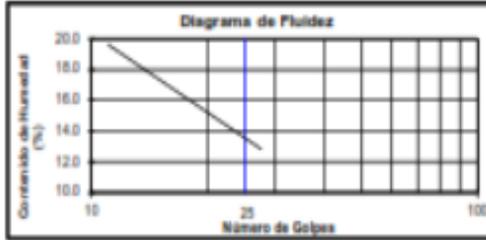
CESAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 115764

ENSAYOS : ESTANDAR DE CLASIFICACION  
 NORMAS : ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D487  
 SOLICITANTE : 0.00  
 FECHA : 7 FEB 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMBURO	% ACUMULADO QUE PASA	75.000	3"	95.53
		50.000	2"	97.85
		37.500	1.1/2"	95.50
		25.000	1"	95.73
		19.000	3/4"	94.95
		9.500	3/8"	93.30
		4.750	No 60	92.53
		2.000	No 100	91.85
		0.850	No 200	90.30
		0.425	No 400	89.32
		0.250	No 600	88.25
		0.150	No 1000	87.19
		0.075	No 2000	86.12
0.075 (mm)	0.0000	Cu	+10	
0.30 (mm)	0.0000	Cc	0.00	
0.60 (mm)	0.0000			

PESO ESP. RELATIVO DE SÓLIDOS (Gs)		4.9271
PESO ESPECÍFICO NATURAL (t)	(g/cc)	4.9271
HUMEDAD NATURAL (w)	(%)	0.00
LÍMITE LÍQUIDO (LL)	(%)	27.37
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	(%)	10.34
ÍNDICE PLÁSTICO (PI)	(%)	17.03
LÍMITE DE CONTRACCIÓN (LC)	(%)	-

CLASIFICACION S.U.C.S. : CL



CESAR EDUARDO ARRIOLA ARANGO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CP. N° 112784

Equivalencia clasificación AASHTO: A-4

Soil Group in AASHTO System	Corresponds Soil Group in UICP		
	Base Analysis	Plasticity	Plasticity Intensity
A-1-a	SP, GP, SW, SP, SW	SW, SP	GM, SM
A-1-b	SP	GP	—
A-2	SP	—	GM, SM
A-2-a	ML, MH	SC, MC	SM, GP, SW, SP
A-2-b	ML, MH	—	SM, GP, SW, SP
A-2-c	ML, MH	SM, SH	SM, GP, SW, SP
A-2-d	ML, MH	—	SM, GP, SW, SP
A-2-e	ML, MH	—	SM, GP, SW, SP
A-3	CL, OL	CL, ML, SC	GM, SM
A-4	CL, OL	—	SM, MH
A-5	CL, OL	ML, CL, CH	SM, GM, SM
A-6	CL, OL	ML, CL, SC	SM, GP, SC, SP
A-7	CL, OL	ML, CL, SH	SM, MH, CL, SH, SH

<https://geo-webonline.com/el-sistema-de-clasificacion-de-suelos-aashto/>

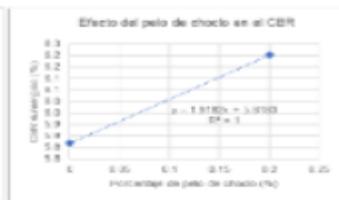
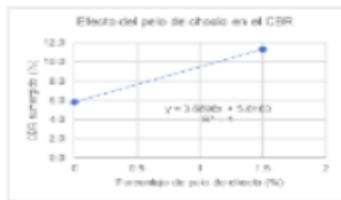
Resultados de densidad, compresión simple y cohesión.

N	diámetro	hímm	Cd(kg)	Densidad pelo (g)	Densidad pluma (g)	Suelto (g)	Agua(g)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)
1	41.10	93.83	40	0.00	0	220.0	8.8	226.4	192.3
2	41.33	85.25	170	0.00	0	220.0	8.8	225.8	191.4
3	41.30	85.44	210	1.50	0	218.5	8.8	227.3	191.8
4	41.32	85.95	220	1.50	0	218.5	8.8	228.1	194.0
5	41.55	93.30	110	0.00	0	220.0	26.4	242.6	212.5
6	41.61	96.99	30	0.00	0	220.0	26.4	244.4	215.3
7	41.59	98.24	80	1.50	0	218.5	26.4	243.7	215.3
8	41.81	98.41	60	1.50	0	218.5	26.4	243.8	215.8
9	41.20	90.10	140	0.00	0.2	220.0	8.8	227.3	217.9
10	42.00	93.10	120	0.00	0.2	220.0	8.8	228.1	220.6
11	41.00	88.30	170	0.00	0.2	220.0	8.8	242.6	217.1
12	42.10	90.30	100	0.00	0.2	220.0	8.8	244.4	215.8
13	42.10	98.41	87	0.00	0.05	220.0	8.8	243.7	234.3
14	42.10	90.10	172	0.00	0.05	220.0	8.8	243.8	214.5
15	42.10	98.41	96	0.00	0.1	220.0	8.8	243.7	245.2
16	42.10	90.10	180	0.00	0.1	220.0	8.8	243.8	224.5
17	42.10	98.41	94	0.5	0	220.0	8.8	243.7	224.7
18	42.10	90.10	179	0.5	0	220.0	8.8	243.8	204.4
19	42.10	98.41	110	1.0	0	220.0	8.8	243.7	224.7
20	42.10	90.10	194	1.0	0	220.0	8.8	243.8	206.9
21	42.10	98.41	160	1.5	0.2	220.0	8.8	243.7	209.9
22	42.10	90.10	245	1.5	0.2	220.0	8.8	243.8	247.1

Variables independientes			Variables dependientes		
Tipo suelo	Contenido de arena (%)	Contenido de arcilla (%)	D <sub>10</sub> (mm)	F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )
CL	0.0	0.0	1.54	3.01	1.51
CL	0.0	0.0	1.67	12.67	6.54
CL	0.7	0.0	1.68	15.68	7.84
CL	0.7	0.0	1.68	16.41	8.20
SM	0.0	0.0	1.68	8.11	4.06
SM	0.0	0.0	1.63	2.21	1.10
SM	0.7	0.0	1.61	4.42	2.21
SM	0.7	0.0	1.60	4.37	2.19
CL	0.0	0.1	1.81	10.50	5.25
CL	0.0	0.1	1.71	8.66	4.33
SM	0.0	0.1	1.86	12.88	6.44
SM	0.0	0.1	1.71	7.18	3.59
SM	0.0	0.02	1.71	6.26	3.13
CL	0.0	0.02	1.71	12.34	6.17
SM	0.0	0.05	1.79	6.88	3.44
CL	0.0	0.05	1.79	12.96	6.48
SM	0.2	0.0	1.64	6.76	3.38
CL	0.2	0.0	1.63	12.84	6.42
SM	0.5	0.0	1.64	7.88	3.94
CL	0.5	0.0	1.65	13.96	6.98
SM	0.7	0.1	1.97	11.49	5.75
CL	0.7	0.1	1.97	17.57	8.79

Resultados de CBR.

Nombre	Pelo de chocco (%)	Pluma (%)	Lectura Inicial (cm)	L1 (cm)	L2 (cm)	DCPI (mm)	CBR PDC ASTM D6951 (USACE) (%)	CBR LAB SUPERGIDO ASTM D6883 (%) Ref. 1
1	0	0	11.0	13.0	14.0	15.0	14.1	5.8
2	1.5	0	11.5	12.0	12.5	5.0	48.1	11.3
3	0	0.2	11.5	13.1	14.2	13.5	15.8	6.2



Cada 1% de pelo que se aumenta al suelo, eleva en 3.67 el CBR  
 Cada 1% de pluma que se le agrega al suelo, eleva en 1.92 el CBR  
 El pelo de chocco mejora más que la pluma el CBR del suelo.  
 Es todo cuanto se informa al respecto.



## Anexo 6 Confiabilidad



Página 1 de 3

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CLM-575-2021

<b>Solicitante</b>	: ARBULU JURADO CESAR EDILBERTO	<b>Misión:</b> Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.
<b>Dirección</b>	: AV. MICAELA BASTIDAS 258 OF. 704 - WANCHAO - CUSCO	<b>Visión:</b> Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios. Tendremos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.
<b>Instrumento de Medición</b>	: COPA CASA GRANDE	
<b>Marca:</b>	: PINZUAR	
<b>Modelo:</b>	: PS 11	
<b>Serie:</b>	: 1846	
<b>Identificación:</b>	: NO INDICA	
<b>Procedencia:</b>	: COLOMBIA	
<b>Contador</b>	: ANALOGO	
<b>División mínima:</b>	: 1	
<b>Lugar de Calibración</b>	: Lab. Longitud de Metrotest E.I.R.L.	
<b>Fecha de Calibración</b>	: 2021-08-20	
<b>Fecha de Emisión</b>	: 2021-08-20	

#### Método de Calibración: Empleado

La calibración se realizó por comparación directa usando un tacómetro y un Cronómetro Patrón certificados empleando el método de comparación entre las indicaciones de lectura del equipo Casagrande a calibrar versus las revoluciones por minuto medidas con el tacómetro patrón en un tiempo determinado.  
Tomando Como referencia la Norma ASTM D 4318 y el Manual de Ensayos de Materiales. (EM2000)  
Determinación de Límite Líquido de los Suelos MTC E 110 - 2000

#### Observaciones:

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
  - Base endurecida Cumple con su referencia a rebote Seco
- Los errores encontrados son menores a los Errores Máximos Permitidos (e.m.p) para su Clase de Exactitud. Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto. METROTEST E.I.R.L. No se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento. El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes. El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

- (\*) Código inscrito en una etiqueta adherida al instrumento.



  
Lugo Abarca G.  
Jefe de Metrología



# Metrotest E.I.R.L.

## LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración CLM-575-2018

Página 2 de 3

### Condiciones Ambientales:

	Inicial	Final
Temperatura	21,2 °C	21,0 °C
Humedad Relativa	51 %	52,0 %

### PATRONES DE REFERENCIA:

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa del Servicio Nacional de Metrología SNIIF - INDECOP en concordancia con el sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de METROTEST E.I.R.L.	Pio de rey Patrón	CLM-575-2021
Patrones de referencia del CM-INACAL	Cronómetro Patrón de 0,01 seg de resolución	CLM-C-001-2021 LTF-C-111-2021
Patrones de referencia del CM-INACAL	Tacómetro Patrón de 0,1 RPM de resolución	LTF-C-108-2021

### RESULTADOS

#### APARATO DE LIMITE LIQUIDO

Descripción	Métrico (mm)	Dimensiones	
		Tolerancia (mm)	Tolerancia (in)
Conjunto de la cazuela	Raio de la copa A	54 ±0,5	2,14
	Espesor de la copa B	2 ±0,1	0,08
	Profundidad de la copa C	26,554	1,05
Base	Cara donde se guía el elevador hasta la base N	47,8	1,88
	Espesor K	50,86	2,00
	Largo L	149,85	5,89
	Ancho M	125,228	4,93

#### RANURADOR

Espesor a	10,06	0,1	0,40
Borde Cortante b	2,47	0,1	0,10
Ancho c	13,48	0,1	0,53



  
Lugo Alberto G.  
Jefe de Metrología



## CONTOMETRO

N° Cuentas del Patrón	N° Cuentas del instrumento	Error de N° de cuentas	Incertidumbre de N° cuentas
2	2	0	1
5	5	0	1
10	10	0	1
15	15	0	1
20	20	0	1
25	25	0	1
30	30	0	1

### Incertidumbre

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con las Guías OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100: 2008) y OIML G1-104-en: 2009 (JCGM 104: 2009) "Guía para la expresión de la incertidumbre en las Mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.

La Incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre expandida ( $U$ ) y se obtiene de la multiplicación de la Incertidumbre Estándar Combinada ( $u$ ) por el factor de cobertura ( $k$ ). Generalmente se expresa un factor  $k=2$  para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

---

Fin del Certificado de Calibración





**PINZUAR** LTDA  
SOLUCIONES TECNOLÓGICAS PARA LA INDUSTRIA

## INSPECTION CERTIFICATE CERTIFICADO DE INSPECCIÓN

CAZUELA CASAGRANDE MANUAL

CONFORME CON LA NORMA

NORMA: INV E-125 REFERENCIA: PS11

CERTIFICA QUE CUMPLE CON  
LOS SIGUIENTES REQUERIMIENTOS

CARACTERÍSTICAS	RESULTADO	UNIDAD
Peso de la copa y el soporte	203,80	g
Espesor de la copa	2,01	mm
Profundidad de la copa	26,94	mm
Altura de la base	50,64	mm
Ancho de la base	124,91	mm
Longitud de la base	149,80	mm

No Serie / Lote: 1846 / N.P.

FECHA: 2021-08-20

FIRMA: 

**PINZUAR LTDA**

AC-P-01-F-14/Rev 01 Válida desde 2017-11-15

*Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.*

*Pinzuar Ltda. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento.*

TEL: (571) 7454555 | Calle 18 No. 103 R 72  
www.pinzuar.com.co | Bogotá - Colombia



# Metrotest

E.I.R.L.

## LABORATORIO DE METROLOGÍA

### CERTIFICADO DE CALIDAD

El presente documento garantiza la calidad y detalla las especificaciones técnicas de nuestro producto.

PRODUCTO	MOLDE PROCTOR MODIFICADO
NORMA	ASTM D-1557
MODELO	MS-40
SERIE	652
MARCA	METROTEST
PROCEDENCIA	PERU
MATERIAL	Molde fabricado en hierro zincado Diámetro interior 6" (152,4mm) y altura de 116,43mm. Incluye base y collar.

\* Certificamos que los datos corresponden a lo indicado por nuestro proveedor

Atentamente

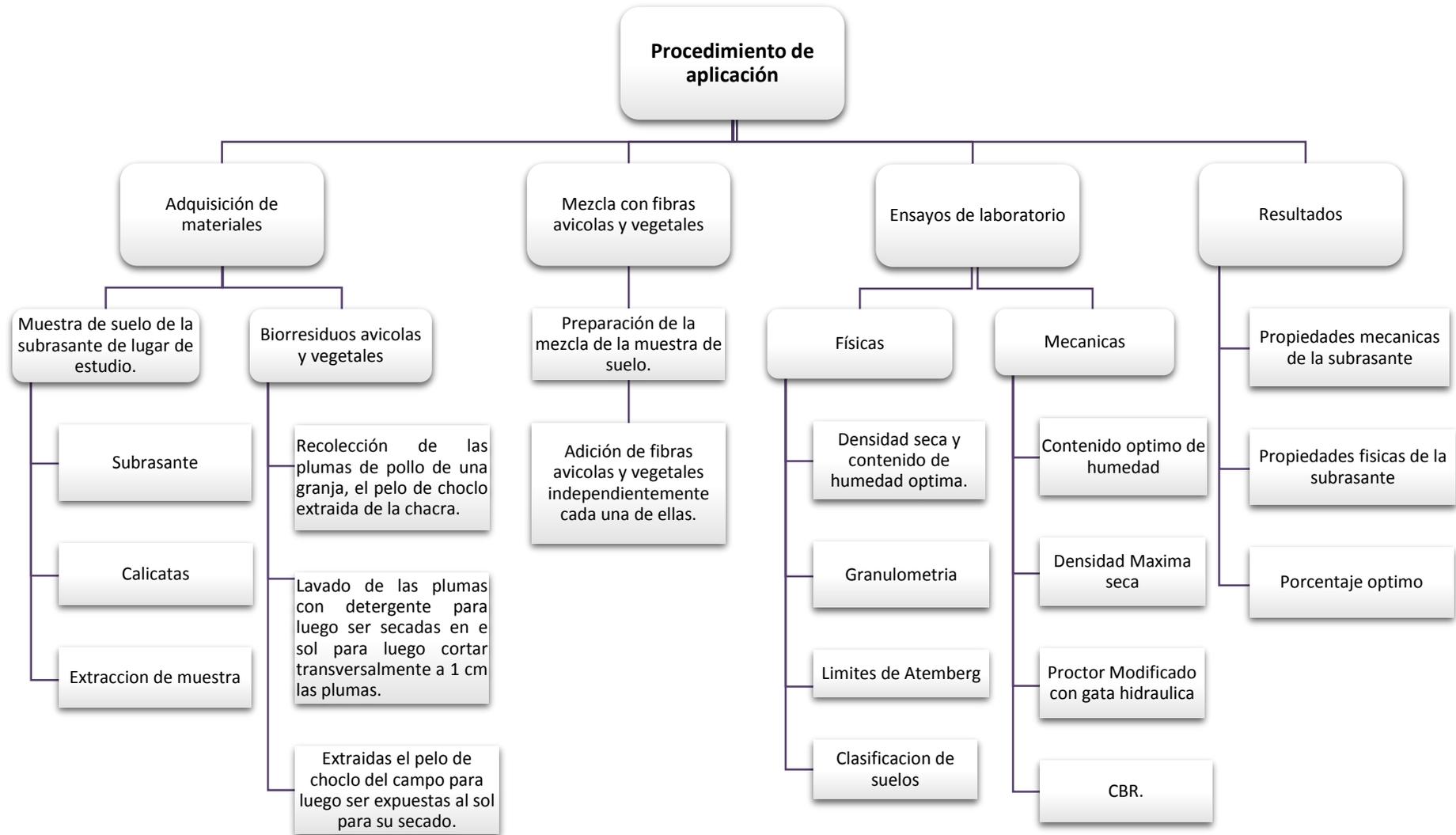


## Anexo 7 Dosificación y resultados de los antecedentes

AUTOR: CHOQUEHUANCA ARIZACA LUCERO / ZAVALA LOAIZA VERONICA

AUTORES	TITULO	AÑO	BIORRESIDUOS	ENSAYO DE MECANICA DE SUELOS						DENSIDAD SECA MAXIMA								
				LIMITE DE ATEMBERG			GRANULOMETRIA		RESISTENCIA A LA TRACCION	FUERZAS AXIALES								
				MUESTRA	LL	LP	IP	MUESTRA		%	0.25 %	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%	0.5%	1.0%	1.5%
Guillermo Alberto Aguirre y Jairo Fernando Fiel Valencia	Mejoramiento de las propiedades mecánicas de suelos finos mediante la adición de residuos provenientes de fibras vegetales.	2020	VEGETALES	Muestra 1,2,3	55.59	20.4	39.5	Muestra 1,2,3	31.8	6,01	6,01	6.15	8,08	7,85	53,43	53,53	71,40	69,77
				Muestra 4,5,6	33,3	19.9	13.4	Muestra 4,5,6	32.7	7,67	7,67	7,67	7,93	8,10	54,23	68,13	71,83	72,73
				Muestra 6,7,8	27.1	23.2	3.9	Muestra 6,7,8	29.7	6,84	6,84	6,84	7,68	7,87	49,63	59,47	67,53	70,23
Rosemary Janneth Llanque Ayala, José Camapum de Carvalho, Ana Laura Fernandez Hernández	Análisis de la Resistencia a la Tracción en Suelos Reforzados con Fibras de Origen Animal – Plumaz de Pollo	2019	AVICOLAS	CALICATA 1	35.2	23.3	12.5	CALICATA 1	35.6	7.98	5.46	5.02	5.85	6.04				
Elda Zarahua, Elda	Estabilización de suelos y eliminación de fenol mediante subproductos de la industria avícola	2018	AVICOLAS	CALICATA 1	85.51	52.32	33.19	CALICATA 1	25.3		0.575			0.365	45.67			
				CALICATA 2	83.88	47.97	35.92	CALICATA 2	34.6		0.645		0.392	45.32				
				CALICATA 3	83.26	53.73	29.52	CALICATA 3	33.56		0.920		0.479	35.89				
Ojeda, Mendoza, Baltazar	Influencia de la inclusión de ceniza de bagazo de caña de azúcar sobre la compactación, CBR y resistencia a la compresión simple de un material granular tipo subrasante	2018	VEGETALES	CALICATA 1	22.38	N/P	21.72				9.89			0.356				
				CALICATA 2	89.50	N/P	24.51				12.7		0.456					
				CALICATA 3	20.70	N/P	23.56				30.85		0.452					
				CALICATA 4	31.2	N/P	21.34				29.19		0.326					
Montes, Colín, Pérez, Icaza, Velasco, Martines.	Effect of Keratin Structures from Chicken Feathers on Expansive Soil Remediation	2015	AVICOLAS	CALICATA 1	27.86	31.47	52.32	CALICATA 1	32.43		50.01			64.63	65.23			
				CALICATA 2	26.56	33.19	57.42	CALICATA 2	31.67		45.03		69.70	58.43				
Manoj, Madhusudhanrao, and Sairam	estabilización of soft soil using chicken feathers as biopolymer	2017	AVICOLAS	CALICATA 1	46.1	32.21	25.45				0.432			0.254	52.54			
				CALICATA 2	29.4	31.43	25.65				0.567		0.245	58.75				
				CALICATA 3	16.7	32.56	24.67				0.456		0.324	67.89				
Khiem Quang Tran* , Tomoaki Satomi, Hiroshi Takahashi	Effect of waste cornsilk fiber reinforcement on mechanical properties of soft soils	2018	AVICOLAS	CALICATA 1	75.24	53.56	32.45	CALICATA 1	36.76		0.765	0.564	0.876					
				CALICATA 2	74.32	53.65	34.45	CALICATA 2	33.89		0.872	0.456	0.765					
				CALICATA 3	72.46	54.65	28.56	CALICATA 3	31.45		0.967	0.45	0.754					

## Anexo 8 Procedimiento



# Proceso de Aplicación



PRODUCTO



DESECHADO



TRATAMIENTO



PROCESAMIENTO



PROCTOR MODIFICADO Y CBR



ENSAYO DE LL, LP, IP



PROBETAS CON BIORRESIDUOS



ADICION DE BIORRESIDUOS

## Anexo 9 Análisis de costos

En la tabla N°18 se da a conocer los gastos en bienes y servicios

Tabla 18. Presupuesto bienes y servicios

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
<b>1</b>	<b>Bienes</b>				<b>S/. 770.00</b>
1.01	Útiles de Escritorio	unidad	2	S/. 25.00	S/. 50.00
1.02	Internet	meses	6	S/. 50.00	S/. 300.00
1.03	Impression	unidad	1	S/. 100.00	S/. 100.00
1.04	Modulo	unidad	2	S/. 70.00	S/. 140.00
1.05	Luz	meses	6	S/. 30.00	S/. 180.00

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla N°19 se da a conocer los gastos en materiales para el suelo.

Tabla 19. Presupuesto de materiales

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
<b>2</b>	<b>Materiales</b>				<b>S/. 15.00</b>
2.01	Biorresiduos avícolas (plumas)	Kilogramo	1	S/. 7.50	S/. 7.50
2.02	Biorresiduos vegetales (fibra de seda de maíz)	kilogramo	1	S/. 7.50	S/. 7.50

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla N°20 se da a conocer los gastos de campo

Tabla 20. Presupuesto de gastos de campo

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
------	-------------	-------	----------	--------	---------

<b>3</b>	<b>Materiales</b>				<b>S/. 630.00</b>
3.01	Excavación de calicatas	hh	6	S/. 80.00	S/. 480.00
3.02	Alquiler de Estacion Total	dia	1	S/. 100.00	S/. 100.00
3.03	Transporte de material	unidad	1	S/. 150.00	S/. 150.00

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla N°21 se da a conocer los gastos en de los ensayos que se realizará.

Tabla 21. Presupuesto de ensayos de laboratorio

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
<b>3</b>	<b>Ensayo de laboratorio</b>				<b>S/. 2,528.00</b>
4.01	Análisis granulométrico por tamizado.	unidad	6	S/. 100.00	S/. 600.00
4.02	Clasificación de Suelos	global	1	S/. 200.00	S/. 200.00
4.03	Densidad seca y contenido de humedad optima	unidad	12	S/. 10.00	S/. 120.00
4.04	Límite de Atterberg	unidad	12	S/. 70.00	S/. 480.00
4.05	Cohesión	unidad	12	S/. 20.00	S/. 240.00
4.06	Compresión Simple	unidad	12	S/. 40.00	S/. 480.00
4.07	CBR	unidad	12	S/. 70.00	S/. 840.00

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla N°22 se tiene el presupuesto total que esta desagregado de todos los gastos que se realizaron en el desarrollo del trabajo de investigación.

Tabla 22. Presupuesto Total

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
<b>5</b>	<b>Presupuesto Total</b>				<b>S/. 3,943.00</b>
5.01	Bienes y servicios	global			S/. 770.00
5.02	Materiales	global			S/. 15.00
5.03	Ensayo de campo	global			S/. 630.00
5.04	Ensayo de laboratorio	global			S/. 2,528.00

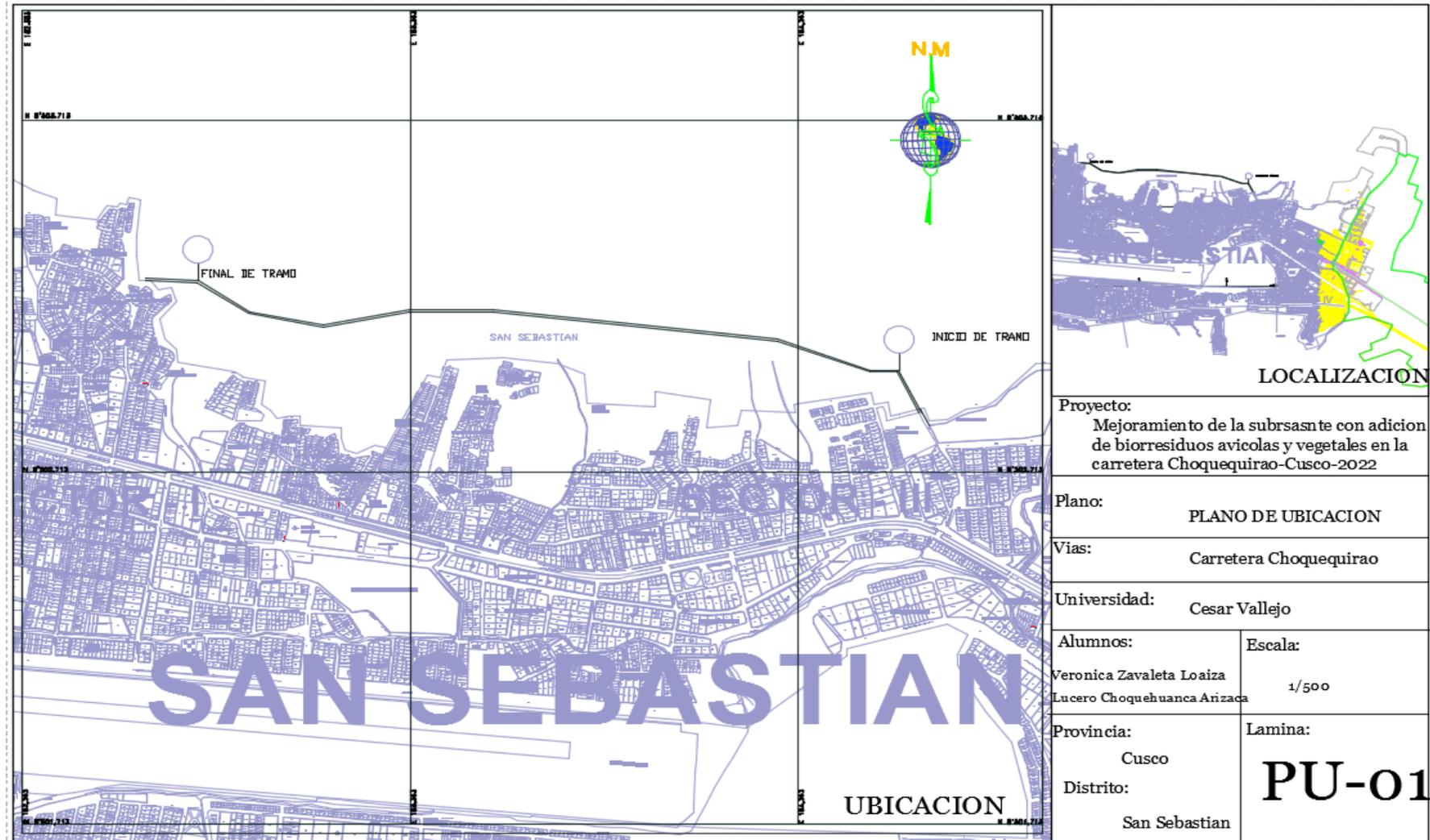
**Fuente:** *Elaboración propia*

El presente proyecto de investigación tiene como monto total de 3,943.00 el cual será autofinanciado por los investigadores.

## Anexo 11 Normativa

NORMA	MINISTERIO
Manual de Ensayo de Materiales	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Manual de Construcción para maestros de obra	Aceros Arequipa
Manual de Carreteras, suelos, geotecnia y pavimentos.	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Reglamento Nacional de Edificaciones Norma 0.50 Suelos y Cimentaciones	Ministerio de Vivienda ,Construcción y Saneamiento
MTC E 107- Manual de Ensayo de Materiales Análisis granulométrico por tamizado	Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
MTC E 108 Determinación del Contenido de humedad de un suelo.	Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
MTC E 110 Determinación del límite líquido	Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
MTC E 111 Determinación del límite plástico	Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
MTC E115 Relación humedad-densidad compactada a la energía Proctor Modificado	Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
MTC E132 Ensayo de CBR	Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
D2487 Clasificación de Suelos	Norma ASTM
D3282 Clasificación de Suelos para subrasante	Norma ASTM
D4318 Método de Ensayo Estándar para. Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos	Norma ASTM
D1557 Ensayo de Proctor Modificado	Norma ASTM
D2166 Ensayo de Resistencia a la Compresión	Norma ASTM

## Anexo 12 Mapas y Planos



Proyecto:  
Mejoramiento de la subrasante con adición de biorresiduos avícolas y vegetales en la carretera Choquequirao-Cusco-2022

Plano: PLANO DE UBICACION

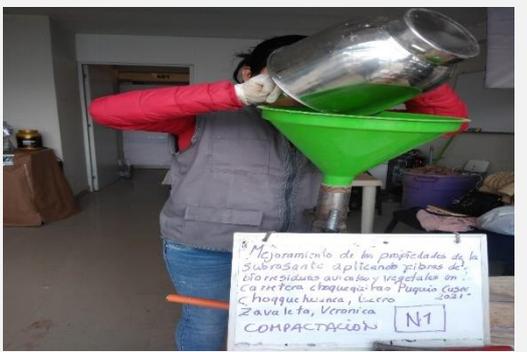
Vias: Carretera Choquequirao

Universidad: Cesar Vallejo

Alumnos:	Escala:
Veronica Zavaleta Loaiza Lucero Choquehuanca Arizaca	1/500

Provincia:	Lamina:
Cusco	<b>PU-01</b>
Distrito:	
San Sebastian	

## Anexo 13 Panel Fotográfico

ITEM	FOTOGRAFIA – 01	DESCRIPCIÓN
1		<p>Reconocimiento de terreno de estudio y se hace el recorrido para la ubicación de la realización de las calicatas.</p>
2		<p>Ubicación de las calicatas para la exploración de campo para extraer las muestras de suelos.</p>
3		<p>Se procedió con el tamizado en laboratorio con muestras extraídas de las calicatas del área de estudio.</p>
4		<p>Se realizó la compactación para obtener el óptimo contenido de humedad y la densidad seca máxima de las muestras extraídas del área de estudio.</p>
5		

		<p>Muestras de las probetas con la adición de biorresiduos animales (pluma de pollo) , biorresiduos vegetales(pelo de choclo)</p>
6		<p>Peso de las muestras una vez se sacó del horno para el secado respectivo de las muestras.</p>
7		<p>Para poder realizar la resistencia a la compresión se procede a medir las muestras para hacer el CBR.</p>
8		<p>Procedimiento para el ensayo de CBR de las probetas con muestra de suelo.</p>
9		



Ruptura de las probetas para hallar la resistencia a la compresión, la muestra es suelo arcilloso limoso.

10



Ruptura de las probetas para hallar la resistencia a la compresión, la muestra es suelo arcilloso arenoso.