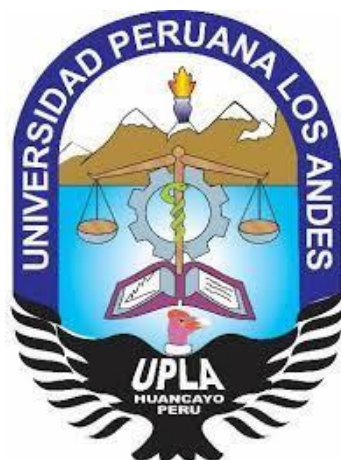


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA
CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA
INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA**

PRESENTADO POR:

Bach. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:

NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

CHANCHAMAYO – PERÚ

2020

ASESORES:

ING. JAVIER REYNOSO OSCANOVA

ING. JANET YESSICA ANDIA ARIAS

DEDICATORIA

El estudio de investigación está dedicado a mis padres Roque Peralta y Aida Ricra, personas a quienes admiro y amo con los sinceros sentimientos del corazón, quienes a lo largo de mi vida han velado por el bienestar y educación impulsándome para salir adelante. A mis hermanos en especial a Sonia, quien ha sido testigo y vivido de cerca los distintos procesos que atravesé para lograr cumplir mis metas y en consecuencia tener una mejor calidad de vida. A las personas quienes que con sus consejos y palabras de aliento fortalecieron las ganas de seguir luchando para lograr mis objetivos de vida; todos ellos han sido mi felicidad, motivo e inspiración.

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien es fiel en todo momento, que en su gracia nos permite gozar de salud y nos da fuerzas para realizar este trabajo de investigación en medio de esta crisis.

A mis padres, por creer, motivar y apoyar incondicionalmente en mis proyectos.

A la Universidad Peruana los Andes por brindarme una educación de calidad y desarrollar en mí los mejores valores y ética profesional.

A los ingenieros y catedráticos que me brindaron de sus mejores conocimientos, enseñanzas y amistad compartida, en especial quien en vida fue el ingeniero Julio Nakandakare, quien fue partícipe en el desarrollo de este estudio de investigación.

Agradezco a la Mg. Janet Andía por disponer de su tiempo, mostrando paciencia durante el asesoramiento de esta tesis.

Para finalizar agradezco a las personas que me alentaron en el desarrollo y culminación de este estudio de investigación.

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

DR. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ
PRESIDENTE

JURADO

JURADO

JURADO

MG. MIGUEL ÁNGEL CARLOS CANALES
SECRETARIO DE DOCENTE

INDICE

ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	10
RESUMEN	12
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	16

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema	18
1.2. Formulación y Sistematización del Problema	24
1.2.1. Problema General	24
1.2.2. Problemas Específicos	24
1.3. Justificación	24
1.3.1. Social	24
1.3.2. Teórica	26
1.3.3. Metodológica	26
1.4. Delimitaciones	27
1.4.1. Espacial	27
1.4.2. Temporal	29
1.4.3. Económico	29
1.5. Limitaciones	29
1.5.1. Económico	29
1.5.2. Social	29
1.6. Objetivos	29
1.6.1. Objetivo General	29
1.6.2. Objetivos Específicos	30

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes	31
2.2. Marco conceptual	34
2.3. Definición de Términos	83
2.4. Hipótesis	85
2.4.1. Hipótesis General	85

2.4.2. Hipótesis Especifico	85
2.5. Variables	85
2.5.1. Definición Conceptual de la Variable.....	85
2.5.2. Definición Operacional de la Variable	86
2.5.3. Operacionalización de la Variable	87

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Método de Investigación	88
3.2. Tipo de Investigación	89
3.3. Nivel de Investigación	89
3.4. Diseño de la Investigación	90
3.5. Población y Muestra	98
3.6. Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos	99
3.7. Procesamiento de la Información	100
3.8. Técnicas y Análisis de Datos	146

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1. Ensayos Preliminares a la Muestra de Suelo Patrón y con Adición de Ceniza de Gallinaza	147
4.2. Prueba de Hipótesis	157

CAPÍTULO V DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Análisis y Discusión	162
CONCLUSIONES	167
RECOMENDACIONES	169
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	171
A. Bibliográficas	171
B. Revistas	174
C. Página Web	175
ANEXOS	176

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Longitud de Infraestructura Vial, según jerarquía y superficie de rodadura. ---	18
Tabla 02: Tamaño de las partículas. -----	37
Tabla 03: Índice de plasticidad. -----	41
Tabla 04: Valores típicos de consistencia del suelo. -----	41
Tabla 05: Equivalente de arena. -----	42
Tabla 06: Índice de grupo y suelo de subrasante. -----	43
Tabla 07: Clasificación de suelos AASHTO y ASTM. -----	45
Tabla 08: Clasificación de suelos – Método AASHTO. -----	47
Tabla 09: Símbolos de Grupo (SUCS). -----	48
Tabla 10: Tipología de suelos (SUCS). -----	49
Tabla 11: Características de los suelos según el método SUCS. -----	50
Tabla 12: Guía referencial para la selección del tipo de estabilizador (parte 1). -----	57 – 59
Tabla 13: Guía referencia para la selección de tipo de estabilizador (parte 2). -----	59 – 61
Tabla 14: Rango de cemento requerido en estabilización suelo cemento. -----	64
Tabla 15: Participación de principales especies pecuarios en el valor de producción del subsector pecuario. -----	68
Tabla 16: Estadísticas de venta de gallinas en Lima Metropolitana. -----	70
Tabla 17: Composición química de estiércol de animales. -----	71
Tabla 18: Valor como abono de la gallinaza de acuerdo al tipo de almacenamiento. -----	72
Tabla 19: Caracterización de los diferentes tipos de gallinaza y composición. -----	72
Tabla 20: Requisitos químicos de las puzolanas. -----	77
Tabla 21: Disgregación del subproducto de la ceniza de gallinaza. -----	82
Tabla 22: Influencia de la temperatura a quema. -----	83

Tabla 23: Operacionalización de Variables. -----	87
Tabla 24: Dimensiones de tamices. -----	104
Tabla 25: Análisis granulométrico de las muestras. -----	111
Tabla 26: Métodos de compactación (Proctor Modificado). -----	130
Tabla 27: Penetración a considerar en el ensayo. -----	142
Tabla 28: Presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón. -----	144
Tabla 29: Resumen de resultados del ensayo de contenido de humedad. -----	147
Tabla 30: Análisis del Ensayo de granulometría por tamizado. -----	149
Tabla 31: Contenido del porcentaje por material. -----	149
Tabla 32: Resumen de resultados del ensayo de límite de consistencia. -----	150
Tabla 33: Resumen de resultados del ensayo de Clasificación de SUCS y AASHTO. ---	152
Tabla 34: Resumen de resultados del ensayo de equivalente de arena. -----	153
Tabla 35: Resumen de resultados de los ensayos de Proctor modificado. -----	154
Tabla 36: Resumen de resultados de los ensayos de CBR. -----	156
Tabla 37: Análisis del coeficiente de correlación Pearson hipótesis específica 01. -----	157
Tabla 38: Análisis del coeficiente de correlación Pearson hipótesis específica 02. -----	160

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: Pavimento flexible en estado de deterioro-fallas por baches y ahuellamiento. --	19
Figura 02: Pavimento rígido concluido el año 2020. -----	19
Figura 03: Presupuesto del proyecto ejecutado del pavimento en la Av. La Esperanza. ---	20
Figuras 04: Falla por deformación o deflexión de la plataforma (ahuellamiento). -----	21
Figura 05: Falla por deformación o deflexión de la plataforma (baches). -----	21
Figura 06: Plano de ubicación y localización del lugar de estudio. -----	27
Figura 07: Ubicación y localización de la problemática de estudio – Microcuenca Alto y Bajo Perene. -----	28
Figura 08: Ubicación y localización de la problemática de estudio – Av. La Esperanza. --	28
Figura 09: Interpretación de la curva granulométrica. -----	38
Figura 10: Desplazamiento de la muestra de suelos y cierre del surco en la cuchara de Casagrande. -----	39
Figura 11: Formación de cilindros. -----	40
Figura 12: Proceso de selección de tipo de estabilización. -----	55
Figura 13: Triángulo de Graduación. -----	56
Figura 14: Tasa de crecimiento de la producción de carne de ave. -----	69
Figura 15: Producción de aves en pie (Miles de TN): 1992-2011. -----	70
Figura 16: Ceniza de gallinaza. -----	78
Figura 17: Consumo per cápita de pollo (kg/hab.). -----	79
Figura 18: Proceso de producción de ceniza de gallinaza. -----	81
Figura 19: Diseño de Investigación y Exploración. -----	91
Figura 20: Fallas de ahuellamiento y baches. -----	92
Figura 21: Profundidad de excavación. -----	93

Figura 22: Obtención de ceniza de gallinaza. -----	94
Figura 23: Ensayos y Cotización para la muestra patrón. -----	95
Figura 24: Material estabilizador “ceniza de gallinaza”. -----	96
Figura 25: Ensayo del suelo con incorporación de ceniza de gallinaza. -----	97
Figuras 26: Ensayos de contenido de humedad de las muestras. -----	103
Figuras 27: Ensayos de Granulometría de las muestras. -----	106
Figuras 28: Ensayos de Limite de Atterberg de las muestras. -----	109
Figuras 29: Carta de Plasticidad. -----	116
Figuras 30: Rango de limite liquido e índice de plasticidad para materiales limo-arcilloso.	121
Figuras 31: Carta de índice de grupo. -----	122
Figuras 32: Ensayo de equivalente de arena de las muestras. -----	129
Figuras 33: Ensayos de Proctor Modificado de las muestras (adicionado la ceniza de gallinaza y homogenización). -----	136
Figuras 34: Ensayos de Proctor modificado de las muestras. -----	137
Figuras 35: Ensayos de CBR de las muestras. -----	145
Figuras 36: Análisis de resultados del contenido de humedad. -----	148
Figuras 37: Análisis de resultados de límite de consistencia. -----	151
Figuras 38: Análisis de resultados del índice de plasticidad. -----	151
Figuras 39: Análisis de resultados de equivalente de arena. -----	153
Figuras 40: Análisis de resultados de la densidad seca máxima. -----	154
Figuras 41: Análisis de resultados de la relación de la densidad seca max. y el contenido de humedad. -----	155
Figuras 42: Análisis de resultados de CBR al 95% a 0.1” y 0.2”. -----	156

RESUMEN

Los suelos de baja capacidad de soporte, generalmente, no tienen la calidad apropiada para conformar una subrasante, por lo cual se realizó la presente tesis de investigación que parte del problema general: ¿En qué cantidad la adición de la ceniza de gallinaza influye al mejoramiento de las propiedades de la subrasante de baja capacidad de soporte? en consecuencia se planteó el objetivo general: Analizar la influencia en la adición de la ceniza de gallinaza para el mejoramiento de las propiedades de la subrasante de baja capacidad de soporte, de esta forma fue adicionado distintos porcentajes de ceniza de gallinaza: 2.0%, 4.0% y 8.0% del peso seco del suelo; y la hipótesis general que evidenció fue: La estabilización mediante la incorporación de 2%, 4% y 8% de la ceniza de gallinaza influye en el mejoramiento de las propiedades de la subrasante de baja capacidad de soporte.

El método del estudio de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicada y tecnológica, el nivel fue de carácter descriptivo - explicativo, el diseño cuasi experimental y el enfoque de la tesis es cuantitativa; que nos permitió analizar, comparar y evaluar los efectos de la ceniza de gallinaza como estabilizante natural de la subrasante de baja capacidad de soporte.

La población del estudio de investigación fueron los suelos de la subrasante de la carretera de la Av. La Esperanza y la problemática que enfoca la tesis es en las vías de la Av. La Esperanza y la microcuenca de Alto y Bajo Perene, en el Distrito de Perene; el muestreo fue de tipo no probabilístico – intencional o de conveniencia, establecido por ensayos en laboratorio de mecánica de suelos y conocimientos teóricos de Ingeniería, para el efecto se aplicaron los parámetros establecido por el Ministerio de Transporte y

Comunicaciones (MTC); por lo tanto se realizó una calicata a cielo abierto y se usaron los estudios de suelo del expediente del pavimento, el cual nos sirvió como referencia para constatar la homogeneidad del suelo. Por lo tanto, fue analizado la consistencia del suelo muestreado mediante la determinación de la adhesividad del suelo mojado, por consiguiente, nos facilitó determinar un suelo desfavorable para un pavimento y para tener la certeza que es una subrasante no apta, se realizaron sus análisis mediante ensayos en el laboratorio del suelo patrón y también con la incorporación de diversos porcentajes de ceniza de gallinaza.

El suelo analizado de dicha investigación fue clasificado como A-7-5 (20) según AASHTO y como CL según SUCS. Con la adición de 2% de ceniza de gallinaza, el porcentaje de CBR aumentó del 4% al 6% con un DSM del 95%, cumpliendo así lo indicado por MTC, que $\geq 6\%$ del CBR son aptos como subrasante, sin embargo, el índice de plasticidad aumentó del 25% al 29%. A pesar de la adición de ceniza de gallinaza, en los porcentajes indicados, el suelo se mantuvo como un suelo de alta plasticidad y están sujeto a cambios volumétricos. Sin embargo, se logró obtener un porcentaje óptimo al 4% de ceniza de gallinaza, obteniendo así un índice CBR de 9.70% con un DSM del 95%.

PALABRAS CLAVE: Subrasante, baja capacidad de soporte, ceniza de gallinaza, propiedades físicas y propiedades mecánicas.

ABSTRACT

The soils with low bearing capacity generally do not have the appropriate quality to form a subgrade, for which the present research thesis was carried out, which starts from the general problem: In what quantity does the addition of chicken manure ash affect the improvement of the properties of the low bearing capacity subgrade ?; Consequently, the general objective was set: Analyze the effects of incorporating chicken manure ash to improve the properties of the subgrade with low support capacity, in this way different percentages of chicken manure ash were added: 2.0%, 4.0% and 8.0% of the dry weight of the soil; and the general hypothesis that it evidenced was: The improvement through the incorporation of chicken manure ash affects the stabilization of the properties of the subgrade of low bearing capacity.

The research study method was scientific, the type of research was applied and technological, the level was descriptive - explanatory, the quasi-experimental design and the thesis approach is quantitative; which allowed us to analyze, compare and evaluate the effects of chicken manure ash as a natural stabilizer of the low bearing capacity subgrade.

The population of the research study was the soils of the subgrade of the Av. La Esperanza road and the problem that the thesis focuses on is on the roads of Av. La Esperanza and the Alto and Bajo Perene micro-basin, in the District of Perene; The sampling was of a non-probabilistic type - intentional or of convenience, established by tests in the laboratory of soil mechanics and theoretical knowledge of Engineering, for this purpose the parameters established by the Ministry of Transport and Communications (MTC) were applied; Therefore, an open pit was made and the soil studies from the pavement

file were used, which served as a reference to verify the homogeneity of the soil. Therefore, the consistency of the sampled soil was analyzed by determining the adhesiveness of the wet soil, therefore, it made it easier for us to determine an unfavorable soil for a pavement and to be certain that it is an unsuitable subgrade, its analyzes were carried out using tests in the laboratory of the standard soil and also with the incorporation of various percentages of chicken manure ash.

The soil analyzed from this investigation was classified as A-7-5 (20) according to AASHTO and as CL according to SUCS. With the addition of 2% chicken manure ash, the percentage of CBR increased from 4% to 6% with a DSM of 95%, thus complying with that indicated by MTC, that $\geq 6\%$ of the CBR are suitable as subgrade, however, the plasticity index increased from 25% to 29%. Despite the addition of chicken manure ash, in the indicated percentages, the soil remained as a soil with high plasticity and is subject to volumetric changes. However, it was possible to obtain an optimum percentage at 4% of chicken manure ash, thus obtaining a CBR index of 9.70% with a DSM of 95%.

KEY WORDS: Subgrade, low bearing capacity, chicken manure ash, physical properties and mechanical properties.

INTRODUCCIÓN

El progreso socio-económico de toda la población depende de las carreteras pavimentadas y no pavimentadas en mejores condiciones, que faciliten el traslado o movilización de sus productos a mercados nacional e internacional, mejoren su competitividad, promuevan el turismo, entre otros. Si la subrasante no asegura la estabilidad y durabilidad que garantice geotécnicamente el comportamiento de la estructura del pavimento se tiene dos alternativas; de cambiar haciendo gran cantidad de movimientos de tierra (material de préstamo) y lo otro sería de estabilizar el suelo a nivel de subrasante para economizar y disminuir el impacto ambiental sin deteriorar y/o degradar la naturaleza. Por lo tanto, la presente tesis busca innovar e implementar la “ceniza de gallinaza” al proceso de estabilización del suelo a nivel de subrasante, supliendo la necesidad de mejorar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de baja capacidad de soporte, determinando, analizando y evaluando el porcentaje de la ceniza de gallinaza, con el propósito de conseguir estabilización en dicho suelo de acuerdo a los parámetros establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y la Norma Técnica Peruana. Se ha evaluado el estado situacional de las carreteras de la Av. La Esperanza y la Microcuenca de Alto y Bajo Perene, por lo tanto, se determinó que ambas carreteras están en pésimas condiciones por las fallas por deformación (ahuellamientos y baches) y patologías en pavimentos (piel de cocodrilo, entre otros); Por lo cual esta investigación se enfoca en los suelos de la Av. La Esperanza – Villa Perene por ello se ha empleado especímenes de suelo extraído en la Av. La Esperanza del distrito de Perene.

La presente tesis de investigación contiene los siguientes capítulos:

El **Capítulo I**, se establece el problema de investigación, se instauro el objetivo general y objetivos específicos, justificación, las delimitaciones y limitaciones; lo cual nos permitirá determinar cuál fue la idea y el propósito que se propuso en este estudio de investigación.

El **Capítulo II**, se presentó por el marco teórico de toda la información básicas sobre los diversos métodos de estabilización de suelo. En este capítulo asimismo se describe de forma teórica, todos los ensayos que fueron utilizados para el desarrollo de la investigación para lo cual se tomó como referencia la normativa del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Asimismo, se formula la hipótesis general y específicas los que se corroboran luego de realizar la presente investigación y se identifican las variables.

El **Capítulo III**, se presenta lo referente a la metodología del estudio, así como se detallan las técnicas y los instrumentos utilizados para la recolección, procesamiento y análisis de datos.

El **Capítulo IV**, se presenta el procesamiento que se siguió para obtener los resultados para el respectivo análisis, haciendo uso de los Manuales y Normas del MTC vigente, así mismo se presenta los resultados obtenidos en el laboratorio de suelos.

En el **Capítulo V**, se hace un análisis y se discuten los resultados obtenidos con relación a las referencias de proyectos similares que se citaron en los antecedentes nacionales e internacionales.

Finalmente, se presenta las conclusiones a las que se llegaron en la investigación y se enuncian las recomendaciones.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

Las vías terrestres brindan un papel primordial en el progreso de un país, ya que es por donde se mueve la economía mundial, determinando de esta manera que proyectos de carreteras mal ejecutados o mal elaborados, serían el factor principal que imposibilita el progreso económico y social de un país.

En Perú el 98% correspondiente a su Red Vial Vecinal (RVV) o Rural no se encuentran pavimentadas, lo que impide el aumento del turismo y comercio, lo cual es indispensable para el mejoramiento socio-económico del país.

Tabla 01: Longitud de Infraestructura Vial, según jerarquía y superficie de rodadura, 2019 (Kilómetros).

SUPERFICIE DE RODADURA	SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS						TOTAL	
	NACIONAL		DEPARTAMENTAL		VECINAL			
TOTAL	28,866.40	16.50%	32,199.00	18.40%	113,933.10	65.10%	174,998.50	100.00%
1. RED VIAL EXISTENTE	27,060.90	16.10%	27,505.60	16.30%	113,792.70	67.60%	168,359.20	96.21%
PAVIMENTADA	21,649.00	80.00%	3,623.10	13.00%	1,906.20	2.00%	27,178.30	16.14%
NO PAVIMENTADA	5,411.90	20.00%	23,882.50	87.00%	111,886.60	98.00%	141,181.00	83.86%
2. PROYECTADA	1,805.50	26.50%	4,693.40	71.30%	140.40	2.10%	6,639.30	3.79%

Fuente: GTT (Grupo Técnico de Trabajo) – Oficina de Estadística – julio 2019.

Elaboración: MTC – OGPP – Oficina de Estadística.

En la Av. La Esperanza y la Microcuenca Alto y Bajo Perene del Distrito de Perene, Provincia de Chanchamayo, encontramos vías compuestas por una estructura de pavimento rígido y la otra vía a nivel de afirmado. Son accesos principales para el traslado de los productos de los agricultores y por ende la distribución a mercados local y nacional. También recalcar que es una vía que conecta con el distrito de San Luis de Shuaro y la región de Pasco por el Centro Poblado de San Miguel de Eneñas; lo cual se ha observado el transporte de vehículos público y privado.

La Av. La Esperanza estuvo conformada por un pavimento flexible hasta el año 2020; se ha observado durante mucho tiempo el deterioro de la carpeta asfáltica y la deflexión de sus capas inferiores; por lo cual se ha ejecutado un proyecto de pavimento rígido; durante su ejecución no se observó algún método de estabilización o mejoramiento de la subrasante con material de préstamo, el cual se podría determinar que las fallas en el pavimento flexible fueron a consecuencia de una mala subrasante.



Figura 01: Pavimento flexible en estado de deterioro – fallas por baches y ahuellamiento.



Figura 02: Pavimento rígido concluido el año 2020.

También se pudo evaluar el expediente y no cuenta con partidas referente a estabilización o mejoramiento de la subrasante.

Presupuesto					
Presupuesto	0201016	"RENOVACION DE PAVIMENTO; EN EL (LA) AV. LA ESPERANZA CUADRA 05 A LA CUADRA 11, DE LA II MESETA PAMPA SILVA - DISTRITO DE PERENE- PROVINCIA DE CHANCHAMAYO - DEPARTAMENTO DE JUNIN"			
Cliente	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PERENE		Costo al	26/06/2019	
Lugar	JUNIN - CHANCHAMAYO - PERENE				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
PAVIMENTOS					349,441.38
OBRAS PRELIMINARES					10,707.84
	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	2,496.00	3.03	7,562.88
	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO DURANTE LA EJECUCION	m2	2,496.00	1.26	3,144.96
EXPLANACIONES					7,795.01
	CORTE DE TERRENO A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	1,123.20	3.39	3,807.65
	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	1,404.00	2.84	3,987.36
BASE GRANULAR (E=0.20mm)					25,216.09
	EXTRACCION DE BASE GRANULAR	m3	673.92	14.90	10,041.41
	SELECCION DE MATERIAL BASE GRANULAR	m3	673.92	4.28	2,884.38
	CARGUIO DE MATERIAL DE BASE GRANULAR	m3	673.92	1.72	1,159.14
	TRANSPORTE DE MAT. BASE GRANULAR	m3	673.92	1.48	997.40
	EXTENDIDO RIEGO Y COMPACTADO DE BASE GRANULAR	m2	2,496.00	4.06	10,133.76

Figura 03: Presupuesto del proyecto ejecutado del pavimento en la Av. La Esperanza.

La carretera no pavimentada que empalma o da continuidad a la Av. La Esperanza, con ruta a la microcuenca de Alto y Bajo Perene, se realiza constantemente los mantenimientos de carretera, por lo cual, se realiza el mejoramientos de la capa de afirmado; sin embargo, la vida útil de la carpeta superficial que se apoya sobre la subrasante se ve afectada por la presencia de baches y ahuellamientos en la vía afirmada, que dañan constantemente la vía, llegando inclusive aflorar en un corto plazo de la vida útil de dicho afirmado, lo cual es una incomodidad para el usuario y una inversión constante para las entidades encargadas de su mantenimiento. El deficiente estado de conservación en el que se encuentra la carretera, se debe principalmente al mal comportamiento de la subrasante a la baja capacidad de soporte, ya que nos encontramos frente a un suelo de baja capacidad de soporte y/o de tipo arcilloso, asimismo, estos tipos de suelos al estar en contacto con la humedad (agua), tiende a modificar su textura o

características; estos cambios que se dan en el suelo pueden causar graves deterioros a las carreteras y/o pavimentos que se apoyan sobre la subrasante inadecuado o pobre. Las deformaciones y/o deflexiones en la superficie de un pavimento o afirmado en su mayoría se puede atribuir a la baja capacidad de soporte de la subrasante, por cual hay la necesidad de que las características de la subrasante sean adecuadas y que cumpla los parámetros exigidos por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC).



Figuras 04: Falla por deformación o deflexión de la plataforma (Ahuellamientos).



Figura 05: Falla por deformación o deflexión de la plataforma (Baches).

“En los años 1930 al 1940 puesto que se inició a registrar las investigaciones de las aplicaciones correspondientes a las estabilizaciones químicas; en el periodo del año 1938 se originó la primera investigación del uso de la ceniza en pavimentaciones en los Estados Unidos, en el estado de Santiago de Chicago, el cual se utilizó el 20% a 50% de cenizas volantes como un suplente del cemento en pavimento en una carretera de un promedio de 800 metros lineales de una vía local. Como también existen antecedentes sobre la construcción de proyectos de pistas de aterrizaje en el aeropuerto de Newark, además de ello en los Estados Unidos, fueron utilizados un promedio de 730,000 Ton. de cenizas, en conjunto a la arena de mar dragada el cual fueron usados en terraplenes, sin embargo, después de 5 años de operación se pueden contrastar con instrumentos instalados y ensayos realizados, puesto que de esa manera generó así costos mucho más bajos para los mantenimientos que los de pavimentos convencionales” (VIDAL Nardi, Jose. 1975).

Desde el año 1960 en Europa, se presenciaron el uso de la ceniza como aglutinantes en el mejoramiento de bases, sub – bases y refuerzos de sub – base en vías se ha difundido y divulgado mucho. En Inglaterra, Francia, Suecia, Rusia, entre otros países, la aplicación de las cenizas en vías es parte de las alternativas convencionales.

“La estratigrafía del suelo peruano tiene una gran variedad, entre arcillosos y arenosos que en su estado natural no son favorables para el uso dentro de un proyecto en construcción, en consecuencia, la norma peruana propone mejorar el suelo haciendo uso de diferentes técnicas, la estabilización de suelos es una de ellas, y esta se determina como el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos y adición de productos químicos, naturales o sintéticos.” (MTC, 2014).

“Cuando hablamos de suelos con baja capacidad de soporte, nos referimos a suelos con gran presencia de partículas finas de arcilla y carentes de gravas. A estos los podemos definir

como suelos arcillosos pues tienen una composición granulométrica que tienen un peso especial debido a las partículas pequeñas, cifradas éstas en las de tamaño inferior a dos micras (0.002 mm) o cinco micras según el MTC. Dichas partículas están compuestas en gran parte por minerales arcillosos, silicatos de hierro, aluminio, magnesio, entre otros., a causa de la alteración química de otros minerales originales.” (ANCADE y IECA).

“De las técnicas más aplicadas en la estabilización de suelos arcillosos es la cal, la incorporación de este agregado a un suelo con una fracción de partículas finas relevante varía su comportamiento debido principalmente a dos manifestaciones típicas, la primera es la modificación de la textura y la segunda es al incremento y mejoramiento de la trabajabilidad y la resistencia a corto plazo del suelo; estos cambios se originan en mayor o menor medida según el tipo de suelos y el de la cal empleada, pero en algunos suelos solo varía la textura y no influye en el aumento de la capacidad de soporte del suelo.” (Nacional Lime Association, 2006, p.8).

En la actualidad, en la construcción de los proyectos de pavimentos es primordial reducir y compensar al máximo el movimiento de tierras para la sustitución de una subrasante inadecuado debido a consideraciones económicas, ambientales y técnicas, es por eso que antes de plantear el cambio de la subrasante de baja capacidad de soporte se sugiere efectuar estudios técnicos y optar por el mejor método para poder estabilizar y impedir el movimiento de tierra y deteriorar la naturaleza.

La finalidad de este estudio de investigación es solucionar el problema del suelo de baja capacidad de soporte, generando así una propuesta como alternativa para el mejoramiento de la subrasante, esta trata sobre la estabilización mediante la ceniza de gallinaza. Con el uso de este material natural se mejoró los problemas de un suelo inestable (CBR) y la reducción del deterioro en las superficies del pavimento o afirmado, dándole un valor agregado a la ceniza de gallinaza.

1.2. Formulación y Sistematización del Problema

1.2.1. Problema General

¿En qué cantidad la adición de la ceniza de gallinaza influye al mejoramiento de las propiedades de la subrasante de baja capacidad de soporte?

1.2.2. Problemas Específicos

a) ¿Qué cantidad en porcentaje de la ceniza de gallinaza se debe incorporar a la subrasante de baja capacidad de soporte para el mejoramiento de las propiedades físicas?

b) ¿Cuánto es el porcentaje de la ceniza de gallinaza que se debe incorporar a la subrasante de baja capacidad de soporte para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas?

1.3. Justificación

1.3.1. Social

En la vía de la Av. La Esperanza y las troncales de las microcuencas de la margen derecha e izquierda del distrito de Perene, provincia de Chanchamayo; no se tiene antecedentes que dicha vía fue mejorado mediante la estabilización. El cual, se realizó esta tesis denominado “Mejoramiento de la subrasante de baja capacidad de soporte mediante la incorporación de la ceniza de gallinaza”; porque existe la necesidad de mejorar las propiedades de la subrasante inestable y/o arcilloso; con los ensayos de laboratorio que determinen el Índice CBR, Proctor modificado, limite líquido, limite plástico y índice de plasticidad del suelo y entre otros, mediante la adición de ceniza de gallinaza al suelo de estudio.

El suelo muestreado de la Av. La Esperanza, no es el adecuado como subrasante para la construcción de un pavimento; porque, de acuerdo a los resultados de ensayos de la muestra patrón nos indica un CBR de 4.00 %, lo cual se determinó que de acuerdo a la norma y/o manual del MTC es un suelo o subrasante pobre. Es fundamental que el suelo en donde se ejecute un proyecto de una vía terrestre cumpla las características o parámetros establecido por el MTC, tanto físicas y mecánicas para brindar estabilidad a las estructuras durante su vida útil, por lo que su mejoramiento de dichas propiedades refleja lo siguiente:

CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

- Fácil traslado de sus productos. (transitabilidad)
- Eficiente uso de la vía.
- Reducción del espesor de la capa de afirmado.
- Reducción de costos por mantenimientos.

CARRETERAS PAVIMENTADAS

- Calidad de vida.
- Reducción del espesor de las capas superiores de un pavimento.
- Mayor de vida útil del pavimento.
- Reducción económica por sustitución de suelo.
- Disminución de la degradación de la naturaleza.

Los resultados e información obtenido se lograron evaluando mediante los ensayos de laboratorio, la influencia en sus propiedades físicas y mecánicas de la subrasante al

adicionar la ceniza de gallinaza a la muestra patrón es de porcentajes de 2.00%, 4.00% y 8.00% en peso del suelo seco.

1.3.2. Teórica

Este estudio de investigación se realiza con la finalidad de aportar conocimientos sobre el uso de la ceniza de gallinaza; no se ha encontrado algún antecedente con el uso respectivo de este material, el cual sería estabilizar una subrasante de baja capacidad de soporte adicionando la ceniza de gallinaza u otros usos similares. Con este estudio de investigación los resultados podrían sistematizar en una propuesta de solución a ese tipo de suelo, y de esa manera incorporar como conocimiento al mundo de la ingeniería, ya que se está demostrando que el uso de dicho material influye en el mejoramiento de la capacidad de soporte y otras propiedades físicas y mecánicas de la subrasante.

La recopilación de los resultados obtenidos por el laboratorio, posteriormente procesado, servirá como base de datos para investigaciones posteriores relacionadas a la ingeniería de transporte, y nuevas tecnologías y procesos puesto que es una investigación innovadora.

1.3.3. Metodológica

En el estudio de investigación se propone un proceso para el uso de la ceniza de gallinaza en la estabilización de la subrasante de baja capacidad de soporte, que es permitido para el uso de una subrasante, por lo tanto, se ha tenido en consideración a las pruebas (ensayos) que se sometieron al suelo patrón con y sin la incorporación de la ceniza de gallinaza.

Por ende este estudio plantea generar un nuevo método de estabilización de suelos de baja capacidad de soporte para la construcción de carreteras pavimentadas o no pavimentadas, estableciendo un procedimiento de elaboración o preparación del material estabilizante y estandarizar cierto porcentaje óptimo; de tal manera poder evaluar y analizar los resultados que fueron comparados entre sí, y determinando que la adición es favorable logrando el mejoramiento de las propiedades del suelo de baja capacidad de soporte a nivel de subrasante.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Espacial

La presente investigación que se llevó a cabo después de haber obtenido muestras de la Av. La Esperanza; para así poder desarrollar los ensayos a fines de la investigación dentro de un laboratorio con sus respectivos profesionales que estén especializados para el proceso de cada ensayo requerido.



Figura 06: Plano de ubicación y localización del lugar de estudio.

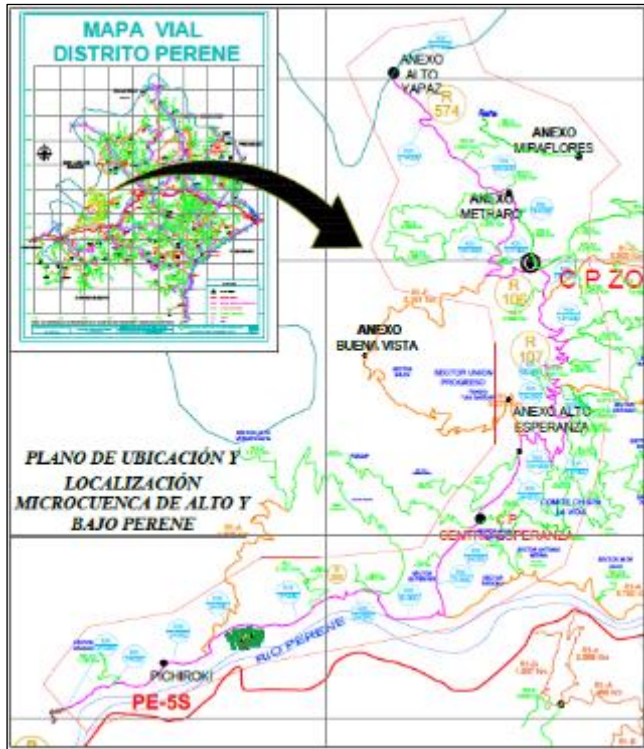


Figura 07: Ubicación y localización de la problemática de estudio-Microcuenca Alto y Bajo Perene.

COORDENADAS GEOREFERENCIADAS

Inicio del Tramo:

- Progresiva: 0+000 km.
- Coordenadas:
Este : 580580.90
Norte : 87903774.00
- Altitud: 690.11 m.s.n.m.

Fin del Tramo:

- Progresiva: 21+920 km.
- Coordenadas:
Este : 585041.88
Norte : 8799068.15
- Altitud: 1568.83 m.s.n.m.

COORDENADAS GEOREFERENCIADAS

Inicio del Tramo:

- Progresiva: 0+000 km.
- Coordenadas:
Este : 580430.49
Norte : 8790202.41
- Altitud: 660.65 m.s.n.m.

Fin del Tramo:

- Progresiva:0+321.24 km.
- Coordenadas:
Este : 580580.90
Norte : 8799068.15
- Altitud: 321.24 m.s.n.m.

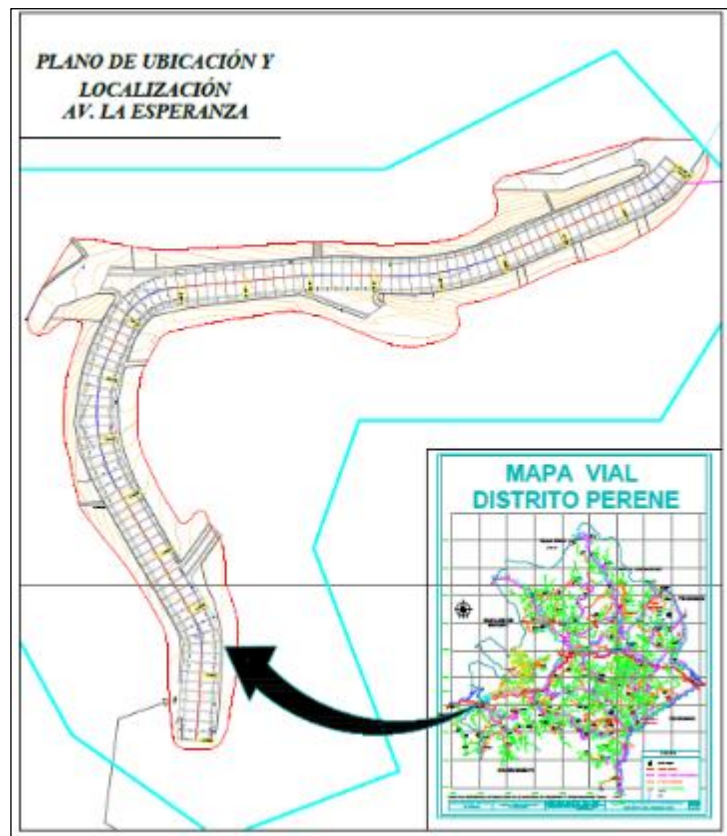


Figura 08: Ubicación y localización de la problemática de estudio-Av. La Esperanza.

1.4.2. Temporal

El estudio de investigación fue realizado en 4 meses que comprende del mes de junio hasta setiembre del año 2020.

1.4.3. Económico

La elaboración de este estudio de investigación fue de financiamiento propio.

1.5. Limitaciones

1.5.1. Económico

Para la realización de más calicatas dentro de la vía, nos limita económicamente porque se tendría que demoler parte del pavimento existente y volver a reponer la estructura, lo cual nos generaría un alto costo; como también realizar ensayos con mas porcentajes de ceniza de gallinaza.

1.5.2. Social

La limitación social fueron el impedimento de los pobladores y la Municipalidad Distrital de Perene, para que nos brinde el permiso para poder excavar las calicatas en la vía existente. También es importante mencionar por el estado de emergencia en que está pasando el país y todo el mundo, debido al COVID-19 y que ello acarrea crisis en el país.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Analizar la influencia en la adición de la ceniza de gallinaza para el mejoramiento de las propiedades de la subrasante de baja capacidad de soporte.

1.6.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar el porcentaje de la ceniza de gallinaza incorporado para el mejoramiento de las propiedades físicas de la subrasante de baja capacidad de soporte.

- b) Evaluar el porcentaje de la ceniza de gallinaza incorporado para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la subrasante de baja de capacidad de soporte.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

- A. ALTAMIRANO, Genaro y DÍAZ, Axell. Estabilización de suelos cohesivos por medio de cal en las vías de la Comunidad de San Isidro del Pongo. (2015). “El **objetivo** principal de su investigación fue ejecutar la estabilización de las arcillas presentes en las vías de la comunidad de San Isidro del Pongo, con una mezcla de cal. La comunidad ubicada en el municipio de Potosí, Departamento de Rivas, presenta múltiples áreas con suelos de comportamiento plástico, asimismo la ausencia de vías rurales acondicionadas con carpetas de rodadura a base de asfalto, adoquín o concreto hidráulico y la problemática de acceso para exportación de productos en época de lluvias. La estabilización de las arcillas, se realizó luego de caracterizar el suelo, determinando sus propiedades físicas y mecánicas mediante estudios de campo y ensayos de laboratorio, basadas en las normas ASTM y AASHTO. Los datos que se obtuvieron se analizaron para posteriormente realizar dosificaciones en suelos arcillosos con diferentes proporciones de cal (3%,6%, 9% y 12%). Al determinar las propiedades con los porcentajes se logró una mejora significativa en cuanto a la plasticidad, densidad de compactación; asimismo incrementó la humedad requerida en este proceso debido a la reacción exotérmica que se produce entre la cal y la arcilla, aumentó significativamente la capacidad de soporte del suelo. Se logró un **resultado** aceptable de los

porcentajes de cal, se determinó que con 9% de cal se obtenían las mejores condiciones de suelo.”

- B. CASTILLO, Byron. Estabilización de suelos arcillosos de Macas con valores de CBR menores al 5% y límites líquidos superiores al 100% para utilizarlos como subrasantes en carreteras. (2017). “El **objetivo** de esta tesis fue estabilizar mediante el uso de la cal viva los suelos arcillosos encontrados en el Km 3+000 del paso lateral de Macas con valor de CBR menor al 5% y Límite Líquido mayor al 100% para ser utilizados como capa subrasante estabilizada en sitio en carreteras de pavimento flexible. Se tomaron muestras del suelo de la subrasante en el sector antes mencionado, para luego realizar los ensayos necesarios para la caracterización del material, asimismo, se realizó el tratamiento de estabilización del suelo con cal al 10%, 20%, 30% y 40% respecto al peso de suelo seco de material. Los **resultados** demostraron una reducción del Límite Líquido, Índice Plástico y expansión; incrementó el valor de CBR; con los resultados obtenidos se aproximó un valor del 16% de cal.”

2.1.2. Antecedentes Nacionales

- A. VELÁSQUEZ, César. Influencia del cemento portland tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector La Molina. (2018). “Se evaluó la influencia del cemento Portland en la estabilización de un suelo arcilloso de alta plasticidad. Se realizó un estudio de suelos para identificar sus características físicas y mecánicas. Se empleó cemento Portland Tipo I como aditivo estabilizador en porcentajes de 1, 3 y 5% del peso seco de la muestra de suelo. Se realizó ensayos de contenido de humedad, análisis granulométrico, límite líquido, límite plástico, límite de contracción, Proctor modificado y CBR, mediante los cuales se evaluó la influencia del cemento Portland Tipo I en su índice de plasticidad, índice de contracción e índice CBR. El suelo arcilloso analizado se clasificó como A – 7 – 6 (37) según AASHTO y como OH según SUCS. Con la adición de 5% de cemento su índice de plasticidad se redujo de 44% a 15%, su índice de contracción se redujo de 27% a 19% y su índice CBR se incrementó de 1.30% a 13.75% al 95%DSM. Pese a la adición de cemento, en los porcentajes indicados, el suelo presentó una plasticidad media y

estuvo sujeto a cambios volumétricos. Por el contrario, una subrasante regular a buena, según su índice CBR, se logró solo con una adición de 4% de cemento.”

- B. TERRONES Cruz, Andrea. Estabilización de los suelos arcillosos adicionando ceniza de bagazo de caña para el mejoramiento de la subrasante en el sector Barraza, Trujillo – 2018. (2018). “El presente trabajo consiste como **objetivo** determinar la influencia de la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar en porcentajes de 5%, 10% y 15% en peso de suelo seco en la estabilización de suelos arcillosos en el sector Barraza, Trujillo – 2018. Durante el proceso experimental se desarrollaron ensayos de caracterización al suelo; además de ello se obtuvo el porcentaje de humedad óptimo, la máxima densidad seca, la resistencia a compresión simple no confinada y el porcentaje de CBR tanto de la muestra inalterada como de la muestra con adición de CBCA. Para la obtención del porcentaje de CBCA con el cual se llegue a cumplir los requerimientos mínimos que debe cumplir una subrasante según el Manual de Carreteras – Suelos, geología, geotecnia y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, se elaboraron un total de 36 probetas cilíndricas de 4” de diámetro, evaluando la resistencia a compresión simple no confinada a 7 días de curado. Así mismo para la comprobación de ese dato se elaboraron 6 probetas, las cuales fueron sometidas al ensayo de CBR.

En base a los **resultados** obtenidos se determinó que la adición del 15% de CBCA a la muestra de suelo es la que cumple con los requisitos indicados en el manual mencionado anteriormente, ya que se alcanzó una resistencia promedio de 150.60 kPa y un porcentaje de CBR de 23.67%.

Nuestros resultados demuestran que es posible usar la CBCA para estabilizar el suelo, lo cual permite obtener beneficios positivos en las empresas relacionadas con la construcción de infraestructura vial, debido a que, por ser un residuo, genera menos costos en la adquisición del producto y por ende menor costo en la etapa de mantenimiento.”

2.2. Marco conceptual

2.2.1. SUBRASANTE

La subrasante es la superficie de suelo natural donde se pretende proyectar la construcción de una vía de carretera; es el soporte de la estructura del pavimento y/o proyectos que reposa todo el peso de la estructura. Para el diseño de un pavimento se tendrá en consideración ciertos puntos tales como; la observación del suelo de fundación desde una perspectiva ingenieril y de acuerdo ello evaluar las propiedades mecánicas y físicas, en campo y laboratorio.

- Funciones de la capa subrasante

Las principales funciones de la capa subrasante son:

- Recibir y resistir las cargas generadas por el tránsito que le son transmitidas por el pavimento.
- Transmitir y distribuir de forma adecuada las cargas del tránsito al cuerpo del terraplén.

“Se debe tomar en cuenta cuatro elementos o factores primordiales para el diseño de pavimentos: el primero es el **tránsito**, importa para dimensionar los pavimentos de cargas más pesadas por ejes esperados en el carril de diseño durante el periodo adoptado. El segundo factor es el **clima**, teniendo que considerar los efectos de las lluvias y los cambios de temperatura. Las lluvias tienen acción directa en la elevación del nivel freático influyen en la resistencia, la compresibilidad y los cambios volumétricos de los suelos de subrasante. El tercer factor son los **materiales disponibles**, que son determinantes para la selección de la estructura del pavimento más adecuado con respecto a la economía y técnica. Y el cuarto factor materia de estudio de la investigación es **la subrasante**, de la calidad de esta capa depende en gran parte el espesor que debe tener un pavimento, sea esta flexible o rígida como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la

deformación y los cambios de volumen de un suelo de subrasante de tipo expansivo pueden ocasionar graves daños en las estructuras que se apoyen sobre éste.” (Montejo Fonseca, Alfonso, 2002, p. 8-9).

De los factores mencionados a considerar en el diseño del pavimento, la problemática planteada en la presente investigación se enfoca en la subrasante debido a que presenta un suelo de baja capacidad de soporte y con ello conlleva a una serie de problemas como ahuellamientos, baches en carreteras afirmadas y asentamientos y/o patologías en los pavimentos.

Montejo Fonseca (2002) afirma que:

“Con frecuencia el ingeniero debe enfrentarse con suelos que tiene que utilizar para una obra determinada y cuyas características le obligan a tomar una de las siguientes posibles decisiones:

- Aceptar el material como se encuentra, pero teniendo en cuenta en el diseño, las restricciones impuestas por su calidad.
- Eliminar el material insatisfactorio o abstenerse de usarlo, sustituyéndolo por otro de características adecuadas.
- Modificar las propiedades del material existente para hacerlo capaz de cumplir en mejor forma los requisitos deseados o cuando menos que la calidad obtenida sea la adecuada.” (p. 75).

“Para el estudio de las propiedades de la subrasante es importante analizar las propiedades físicas (granulometría, límites de consistencia, densidad, contenido de agua), propiedades mecánicas (módulo resiliente, módulo de elasticidad, CBR), propiedades hidráulicas (coeficiente de drenaje, permeabilidad, coeficiente de expansión).” (MENÉNDEZ, José. 2013).

“Según el CBR se identificarán en seis categorías de subrasante MTC-Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. (2008):

- S_0 : Subrasante Inadecuada CBR < 3%
- S_1 : Subrasante pobre CBR = 3% - 5%
- S_2 : Subrasante regular CBR = 6 - 10%
- S_3 : Subrasante buena CBR = 11 - 19%
- S_4 : Subrasante muy buena CBR = 20 - 29%
- S_5 : Subrasante Excelente CBR > 30% (p.130).

Se tiene en consideración como suelos aptos para la construcción de pavimento o afirmados con subrasante, suelos con CBR igual o mayor de 6%.”

Las propiedades fundamentales a tomar en cuenta son:

a) **GRANULOMETRÍA:**

El análisis granulométrico de un suelo tiene por objetivo determinar la cantidad de sus diversos elementos que lo constituyen, clasificados en función de su tamaño.

Rico R. Alfonso (2005). “En suelos gruesos (gravas, arenas y limos no plásticos), de estructura simple, la característica más importante para definir su resistencia es la compacidad y la angulosidad de los granos. [...] Evidentemente, cualquier análisis por mallas no da ninguna información sobre estos aspectos. [...] se ve influida en mucho mayor grado por la granulometría, según ha puesto de manifiesto la investigación moderna, como se verá más adelante.” (p.24).

“Para garantizar un buen comportamiento de suelo ante el efecto de cargas se debe realizar una adecuada distribución de granulométrica. El suelo requiere de un porcentaje importante de grava para soportar las cargas, un porcentaje de arena para llenar los vacíos entre las gravas y, esencialmente un porcentaje de finos plásticos para cohesionar los materiales del suelo.” (MTC, 2014)

De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se puede denominar así según la tabla 02.

Tabla 02: Tamaño de las partículas

Tipo de Material		Tamaño de partículas
Grava		75 mm - 4.75 mm
Arena	Arena gruesa	4.75 mm - 2.00 mm
	Arena media	2.00 mm - 0.425 mm
	Arena fina	0.425 mm - 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: MTC – Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014. p.31.

“La curva granulométrica facilita información sobre el comportamiento del suelo. Si analizamos la regularidad de la curva conseguiremos diferenciar dos tipos de granulometría:

- **GRANULOMETRÍA DISCONTINUA:** La curva presenta picos y tramos planos, que nos muestra que varios tamices continuos no retienen material, en este caso se habla de suelos mal graduados. Los suelos arcillosos es un claro ejemplo de ese tipo de suelos.
- **GRANULOMETRÍA CONTÍNUA:** en su totalidad de los tamices retienen material por lo que la curva adopta una disposición suave y continua. A este tipo de suelos se le denomina bien graduados.

COEFICIENTE DE CURVATURA: Es la relación del diámetro efectivo por donde pasa el 30% en peso de la totalidad de la muestra al cuadrado, entre el producto de los diámetros efectivos por donde pasa el 60% y 10%.

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$$

Dónde:

- **D_x**: Es la abertura del tamiz o diámetro efectivo (mm) por donde pasa el x% en peso de la totalidad de la muestra de suelo analizada.

El suelo de las vías debe estar bien graduado para que, al compactarlo, las partículas más finas entren a los huecos que dejan los de mayor tamaño, reduciendo de esta forma el número de huecos y logrando una mayor estabilidad y capacidad de soporte. Un suelo bien graduado tiene valores de C_e comprendidos entre 1 y 3.” (Bañon Blázquez y Beviá Garcia. Vol. 2. p.7).

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD: “Determinado por Hazen como la relación entre las aberturas de tamices por donde pasan el 60% y el 10% en peso de la totalidad de la muestra analizada, si el coeficiente es menor a 2 se considera muy uniforme y si es menor a 5 se define como suelo uniforme. En la figura 09 se puede visualizar el comportamiento de las distribuciones granulométricas con una comparación entre los suelos bien y mal graduados.” (Bañon Blázquez & Beviá Garcia. Vol. 2. p.8).

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

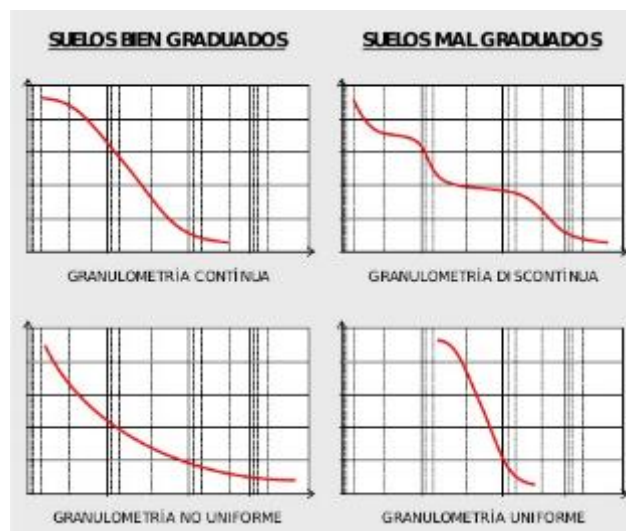


Figura 09: Interpretación de la curva granulométrica.
Fuente: Bañon Blázquez & Beviá Garcia. Vol. 2. p.8.

b) LA PLASTICIDAD:

“La plasticidad se logra como un índice de la diferencia porcentual entre el límite líquido y el plástico. El Índice plástico representa el rango de humedad en el cual una fracción fina se encuentra en estado plástico.” (Das, B. 4ª Ed.).

La plasticidad se define como, la propiedad de un material por la cual acepta deformaciones sin romperse ni agrietarse.

“El **límite líquido** se determina por medio del método de la copa de Casagrande, el ensayo se basa en la determinación de la cantidad de agua mínima que pueda contener una pasta formada por 100 g. de suelo seco pasante la malla No 40. Casagrande (1932) determinó que cada golpe en un depósito estándar para límite líquido corresponde a una resistencia cortante del suelo de aproximadamente 1 g/cm²; por consiguiente, el límite líquido de un suelo de grano fino da el contenido de agua para el cual la resistencia cortante del suelo es aproximadamente de 25 g/cm². El límite líquido se toma como el valor de la humedad, para el cual la cohesión es aproximadamente 2 kpa.” (Kraemer, C. *et.al.* 2004).

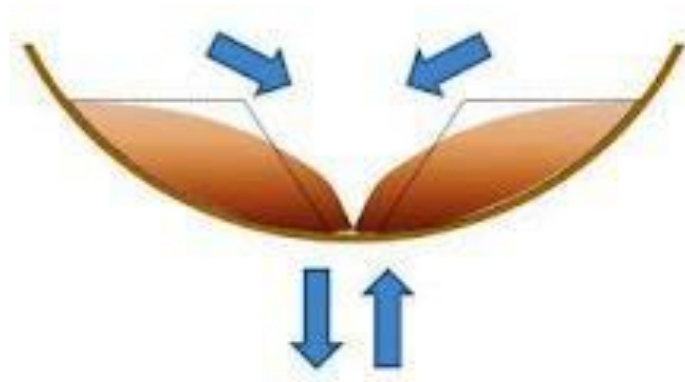


Figura 10: Desplazamiento de la muestra de suelo y cierre del surco en la cuchara de Casagrande.

Fuente: GEOSUPPORT.

“El **límite plástico**, se define como el contenido del agua, en porcentaje, con el cual el suelo, al ser enrollado en rollitos de 3.2 mm de diámetro se desmorona, el límite plástico es el límite inferior de la etapa plástica del suelo.” (Das, B. 2001, 4ª Ed.).

“El límite plástico corresponde al valor de la humedad, para el cual la cohesión es aproximadamente. 200 kpa.” (Kraemer *et,al.* 2004).

El límite plástico es la mínima humedad con la que el suelo tiene un comportamiento plástico, es decir, el suelo no admite deformaciones sin rotura.

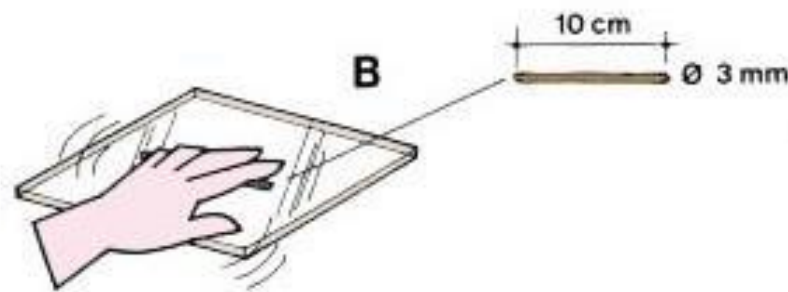


Figura 11: Formación de cilindros.

Fuente: FAO. 2017.

MTC-Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. (2014). “Es útil estudiar los límites entre los diversos estados de consistencia que pueden darse en los suelos en función de su grado de humedad: líquido, plástico, semisólido y sólido. El análisis granulométrico no permite apreciar esta característica por lo que es preciso determinar los Límites de Atterberg. Mediante este método, se definen los límites correspondientes a los tres estados en los cuales puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido.

Estos límites, llamados límites de Atterberg, son: el límite líquido (LL) determinación según norma MTC E 110, el límite plástico (LP) determinación según norma MTC E 111 y el límite de contracción (LC) determinación norma MTC E 112. Además del LL y del LP, una característica a obtener es el Índice de plasticidad IP que se define como la diferencia entre LL y LP:

$$IP = LL - LP$$

Para clasificar el suelo necesitamos conocer el índice de plasticidad. Un IP grande es característico de un suelo muy arcilloso similar a los suelos de la presente investigación. Por el contrario, un IP pequeño corresponde a un suelo poco arcilloso.” (p.31).

En la tabla 03 se puede caracterizar a un suelo en función del índice de plasticidad.

Tabla 03: *Índice de Plasticidad*

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
7 < IP < 20	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos
IP = 0	No Plastico (NP)	suelos exentos de arcilla

Fuente: (MTC-Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014)

Tabla 04: *Valores típicos de consistencia del suelo*

PARÁMETROS	TIPOS DE SUELOS		
	ARENA	LIMO	ARCILLA
Límite Líquido (LL)	15 – 20	30 – 40	40 – 150
Límite Plástico (LP)	15 – 20	20 – 25	25 – 50
Límite de retracción (LR)	12 – 18	14 – 25	08 – 35
Índice de Plasticidad (IP) (%)	00 – 03	10 – 15	10 – 100

Fuente: BAÑON, Luis. 2000.

c) EQUIVALENTE DE ARENA:

“Ensayo que da resultados similares a los obtenidos mediante la determinación de los límites de Atterberg, aunque menos exactos. La ventaja es su rápido y fácil forma de efectuar, según la norma MTC E 114.” (MTC-Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014. p. 32).

El valor de equivalente de arena (EA) es un indicativo de la plasticidad del suelo, en la tabla 05 podemos caracterizar a un suelo según el valor del EA.

Tabla 05: *Equivalente de Arena*

Equivalente de Arena	Característica
Sí $EA > 40$	El suelo no es plástico, es de arena
Sí $40 > EA > 20$	El suelo es poco plástico y no heladizo
Sí $EA < 20$	El suelo es plástico y arcilloso

Fuente: (MTC-Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014)

d) ÍNDICE DE GRUPO:

Es un índice adoptado por AASHTO de uso corriente para clasificar suelos, está basado en gran parte en los límites de Atterberg.

Barja M. Das. “Indica que, para el análisis de la calidad de un suelo como material para subrasante de carreteras, se incorpora también un número llamado índice de grupo (IG)”. (p.80)

Barja M. Das. “El índice de grupo está dado por la siguiente formula:

$$IG = (F - 35) (0.2 + 0.005(LL - 40)) + 0.01(F - 15) (IP - 10)$$

Dónde:

F: Porcentaje que pasa la malla No 200

LL: Limite líquido

IP: Índice de plasticidad

El primer término de la ecuación es el índice de grupo parcial determinado a partir del límite líquido. El segundo término a partir del índice de plasticidad.

El IG de suelos que corresponden a los grupos A-1-a, A-1-b, A-2-4., A-2-5 y A-3, siempre es cero. Al calcular IG para suelos que pertenecen a los grupos A-2-6 y A-2-7, se usa solo el segundo componente de la formula.” (p. 81).

MTC-Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. (2014). “Indica que el índice de grupo es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más. Si el IG calculado es negativo, se reporta como cero. Un índice cero significa un suelo muy bueno y un índice igual o mayor a 20, un suelo desfavorable para carreteras. En general, la calidad del comportamiento de un suelo como material para subrasante es inversamente proporcional al IG. En la tabla 06 se puede categorizar la calidad del suelo de subrasante en función del valor del IG, para lo cual nos dan un rango de valores.” (p.32)

Tabla 06: *Índice de grupo y Suelo de subrasante*

Índice de Grupo	Suelo de Subrasante
IG > 9	Muy pobre
IG está entre 4 a 9	Pobre
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 - 2	Bueno
IG está entre 0 - 1	Muy bueno

Fuente: (MTC-Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. (2014)

e) HUMEDAD NATURAL:

MTC-Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. (2014).

“Otra característica resaltante de los suelos es su humedad natural pues la resistencia de los suelos de subrasante, en especial de los finos, se encuentra directamente asociada con las condiciones de humedad y densidad que estos suelos muestren. Se determinará mediante la norma MTC E 108.

Si determinamos la humedad natural nos permitirá compararla con la humedad óptima que conseguiremos en los ensayos Proctor para obtener el CBR del suelo. Si la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima, el ingeniero propondrá la compactación normal del suelo y el aporte de la cantidad conveniente de agua. Si la humedad natural es superior a la humedad óptima y, según la saturación del suelo, se planteará aumentar la energía de compactación, airear el suelo o sustituir el material saturado.” (p. 33).

f) CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

"Una apropiada y rigurosa clasificación permite al ingeniero de carreteras tener una primera idea acerca del comportamiento que cabe esperar de un suelo como cimiento del firme, [...]". (Bañon Blázquez & Beviá Garcia. Vol. 2. p.15).

MTC-Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. (2014).

“Definidas las características de los suelos, se podrá estimar con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos, especialmente con el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo y, luego clasificar los suelos.

La clasificación de los suelos se verificará bajo el sistema mostrado en el siguiente cuadro. Esta clasificación permite predecir el comportamiento aproximado de los suelos que contribuirá a delimitar los sectores homogéneos desde el punto de vista geotécnico.” (p. 33).

A continuación, en la tabla 07 se presenta una correlación de los dos sistemas de clasificación más difundido, AASHTO y ASTM:

Tabla 07: *Clasificación de Suelos AASHTO y ASTM*

Clasificación de suelos AASHTO	Clasificación de suelos ASTM
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: (MTC-Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. (2014)

A. Clasificación AASHTO

“De acuerdo con este sistema los suelos están clasificados en dos grupos, el primer grupo está formado por suelos granulares y el otro grupo está establecido por suelos finos. Los grupos están designados por símbolos que van del A-1 al A-8; donde los suelos inorgánicos se clasifican en los siete primeros grupos que van del A-1 al A-7, y estos a su vez se dividen en un total de doce subgrupos. A su vez los suelos con elevada proporción de materia orgánica se clasifican como A-8.

- ✓ **Suelos granulares:** Son aquellos suelos que tienen 35% o menos, del material fino que pasa el tamiz N° 200. Estos suelos forman los grupos A-1 (A-1a, A-2b); A-2 (A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7) y A-3. Los cuales esta agrupado:

- Grupo A – 1
- Grupo A – 2

✓ **Suelos finos:** Contienen más del 35% del material fino que pasa el tamiz N° 200. Estos suelos constituyen los grupos A – 4, A – 5, A – 6, y A – 7. Los cuales esta agrupado:

- Grupo A – 4
- Grupo A – 5
- Grupo A – 6
- Grupo A – 7

Todas las características requeridas para cada grupo y subgrupo, según sea el caso, son mostradas en la anterior Tabla 6.

En la Tabla 08, se muestra la clasificación del suelo según el método de AASHTO, el cual nos permite establecer e identificar con qué tipo de suelo se pretende trabajar o se presenta en distintos proyectos.” MTC-Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. (2014)

TABLA 08: Clasificación de suelos - Método AASHTO

Clasificación General	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz 0.08 mm							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Grupo	A 1-a	A 1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Símbolo												
Análisis Granulométrico												
% Que pasa por el tamiz												
Nº 10	Máx. 50											
Nº 40	Máx. 30	Máx. 50	Máx. 50									
Nº 200	Máx. 15	Máx. 25	Máx. 10	Máx. 35	Máx. 35	Máx. 35	Máx. 35	Mín. 35	Mín. 35	Mín. 35	Mín. 35	Mín. 35
Límites de Atterberg											Mín. 40	Mín. 40
Límite de líquido	Máx. 6	Máx. 6		Máx. 40	Mín. 40	Máx. 40	Mín. 40	Máx. 40	Máx. 40	Máx. 40	Mín. 10	Mín. 10
Índice de Plasticidad				Máx. 10	Máx. 10	Mín. 10	Mín. 10	Máx. 10	Máx. 10	Mín. 10	IP < LL-30	IP < LL-30
Índice de grupo	0	0	0	0	0	Máx. 4	Máx. 4	Máx. 8	Máx. 12	Máx. 16	Máx. 20	Máx. 20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno						De pasable a malo					

Fuente: MTC. 2014.

B. Clasificación SUCS

“Esta clasificación divide los suelos en: suelos de grano grueso, suelos de grano fino y suelos orgánicos. Los suelos de grano grueso y fino se distinguen mediante el tamizado del material por el tamiz N°200. Los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicho tamiz y los finos a los que pasan por el tamiz, de esta forma se considera que un suelo es grueso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidas en el tamiz N° 200 y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicho tamiz. Los suelos se designan por símbolos de grupo. El símbolo de cada grupo consta de un prefijo y un sufijo. Los prefijos son las iniciales de los nombres en inglés de los seis principales tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turbas), mientras que los sufijos indican subdivisiones en dichos grupos.” MTC-Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. (2014)

Dicha clasificación se vale de unos símbolos de grupo, consistentes en un prefijo que designa la composición del suelo y un sufijo que matiza sus propiedades. En la tabla 09 se muestran dichos símbolos y su significación:

TABLA 09: *Símbolos de Grupos (SUCS)*

TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUBGRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrementemente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite líquido bajo (<50)	H

Fuente: Bañon Blázquez y Beviá Garcia.

En función de esos símbolos, pueden establecerse diferentes combinaciones que definen uno y otro tipo de suelo:

TABLA 10: *Tipología de Suelos (SUCS)*

SÍMBOLO	Características generales		
GW GP GM GC	GRAVAS (>50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
			Pobremente graduadas
		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
			Componente arcilloso
SW SP SM SC	ARENAS (<50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
			Pobremente graduadas
		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
			Componente arcilloso
ML MH	LIMOS	Baja plasticidad (LL<50)	
		Alta plasticidad (LL>50)	
CL CH	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL<50)	
		Alta plasticidad (LL>50)	
OL OH	SUELOS ORGÁNICOS	Baja plasticidad (LL<50)	
		Alta plasticidad (LL>50)	
Pt	TURBA	Suelos altamente orgánicos	

Fuente: Bañon Blázquez y Beviá Garcia.

- ✓ **“Suelos gruesos:** Se dividen en gravas y arena, y se separan con el tamiz N°4, de manera que un suelo pertenece al grupo de grava si más del 50% retiene el tamiz N°4 y pertenecerá al grupo arena en caso contrario.

- ✓ **Suelos finos:** El sistema unificado considera los suelos finos divididos entre grupos: limos inorgánicos (M), arcillas inorgánicas (CL) y limos y arcillas orgánicas (O). Cada uno de estos suelos se subdivide a su vez según su límite líquido, en dos grupos cuya frontera es LL = 50%. Si el límite líquido del suelo es menor de 50 se añade al símbolo general la letra L (low compressibility). Si es mayor de 50 se añade la letra H (high compressibility).

Obteniéndose de este modo los siguientes tipos de suelos: ML: Limos inorgánicos de baja compresibilidad, OL: Limos y arcillas orgánicas, CL: Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad, CH. Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad, MH: Limos inorgánicos de alta compresibilidad, OH: arcillas y limos orgánicas de alta compresibilidad.” (Bañon Blázquez y Beviá Garcia. 2000).

En la siguiente Tablas 11 de clasificación de suelos SUCS, se muestra todas las características requeridas para cada grupo y subgrupo, en el caso del suelo.

TABLA 11: Características de los suelos según el método SUCS

DIVISIONES PRINCIPALES		SÍMBOLO	COMPORTAMIENTO MECÁNICO	CAPACIDAD DE DRENAJE	Densidad óptima P.M.	CBR In situ
SUELOS DE GRANO GRUESO	Gravas	GW	Excelente	Excelente	2.00 - 2.24	60 - 80
		GP	Bueno a excelente	Excelente	1.76 - 2.08	25 - 60
		GM { d u	Bueno a excelente	Aceptable a mala	2.08 - 2.32	40 - 80
			Bueno	Mala a impermeable	1.92 - 2.24	20 - 40
		GC	Bueno	Mala a impermeable	1.92 - 2.24	20 - 40
	Arenas	SW	Bueno	Excelente	1.76 - 2.08	20 - 40
		SP	Aceptable a bueno	Excelente	1.60 - 1.92	10 - 25
		SM { d u	Aceptable a bueno	Aceptable a mala	1.92 - 2.16	20 - 40
			Aceptable	Mala a impermeable	1.68 - 2.08	10 - 20
		SC	Malo a aceptable	Mala a impermeable	1.68 - 2.08	10 - 20
SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas (LL < 50)	ML	Malo a aceptable	Aceptable a mala	1.60 - 2.00	5 - 15
		CL	Malo a aceptable	Casi impermeable	1.60 - 2.00	5 - 15
		OL	Malo	Mala	1.44 - 1.70	4 - 8
	Limos y arcillas (LL > 50)	MH	Malo	Aceptable a mala	1.28 - 1.60	4 - 8
		CH	Malo a aceptable	Casi impermeable	1.44 - 1.76	3 - 5
		OH	Malo a muy malo	Casi impermeable	1.28 - 1.68	3 - 5
SUELOS ORGÁNICOS		Pt	Inaceptable	Aceptable a mala	-	-

g) ENSAYOS CBR (California Bearing Ratio):

“El CBR es un ensayo de prueba semi-empírica para evaluar la calidad de un material de suelo con base en su resistencia al corte. El índice de CBR se define como la relación entre la presión necesaria para que el pistón penetre al suelo una determinada profundidad y la

necesidad para conseguir esa misma penetración en una muestra patrón de grava machacada, expresada en tanto por ciento.” (Bañon B., Beviá Garcia. Vol. 2. p.15-16).

“La capacidad de soporte de una subrasante se define como la carga que este es capaz de soportar sin que se produzcan asientos excesivos. El indicador para cuantificar es el índice CBR.” (Bañon Blázquez & Beviá Garcia. Vol. 2. p.8).

“Una vez que se hayan clasificado los suelos por el sistema AASHTO para carreteras, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo a partir del cual se determinará los suelos que controlarán el diseño y se establecerá el programa de ensayos y/o correlaciones para establecer el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, referido al 95% de la MDS (Máxima densidad seca) y a una penetración de carga de 2.54mm.” (MTC-Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014. p. 35)

2.2.1.1. SUBRASANTES DE SUELOS ARCILLOSOS:

“Un suelo de baja capacidad de soporte, se presenta cuando nos encontramos con suelos que tienen gran presencia de partículas finas. Se pueden definir como arcillosos aquellos suelos en cuya composición granulométrica tengan un peso especial en las partículas pequeñas (tamaño inferior a dos micras). Estas partículas en su mayoría están compuestas por minerales arcillosos, silicatos de hierro, aluminio, magnesio, etc., originados por la alteración química de otros minerales originales.” (Garnica. *et. al.* 2002, Instituto Mexicano del Transporte)

2.2.1.1.1. PROPIEDADES DE LAS ARCILLAS:

“Las principales características propias de los suelos arcillosos en su comportamiento como material estructural derivadas de su estructura y composición se pueden resumir en lo siguiente: el comportamiento diferente según el nivel de humedad, inestabilidad volumétrica, baja resistencia y baja capacidad de soporte.” (VALLE, W. 2010)

A continuación, se mencionan algunas propiedades de las arcillas los que determinan su comportamiento como tal para poder identificar los problemas.

A. ESTRUCTURA MINERAL:

“Los esquemas básicos de agrupación se componen de láminas muy delgadas de unidades de mallas tetraédricas y octaédricas. Las unidades tetraédricas se componen de iones de sílice rodeados por cuatro átomos de oxígeno equidistantes del mismo -constituyendo los vértices de la forma geométrica. Las unidades octaédricas las forman seis grupos hidroxilos (OH) en los vértices rodeando a un átomo de aluminio o magnesio, estas unidades se combinan entre ellas compartiendo caras de los octaedros o vértices de los tetraedros para formar estructuras del tipo laminar, anular o lineal.” (DAS, B. 4° Ed.).

“Las partículas de arcilla no son eléctricamente neutras y presentan un desequilibrio de las cargas. El hecho de que las agrupaciones elementales se basen en formas tetraédricas u octaédricas no significa que estén totalmente equilibradas eléctricamente, sino que éstas son las formas que minimizan las fuerzas de repulsión que puedan existir entre los átomos.” (Das, B. 4ª Ed.)

B. LA CAPACIDAD DE CAMBIO DE LAS MISMAS:

“Un incremento del pH del entorno aumenta la capacidad de cambio de cationes de un material dado, mientras inhibe o reduce la de aniones.” (ANCADE y IECA. 2002).

C. LAS CARGAS SUPERFICIALES DE LAS PARTÍCULAS DE ARCILLA:

(López, T. et al. 2010). “Como resultados de los fenómenos de desequilibrio eléctrico en las unidades elementales y del intercambio iónico en las estructuras de los suelos arcillosos, es usual que se presenten dos circunstancias con gran importancia en cuanto a su comportamiento eléctrico:

a. En primer lugar, en las estructuras laminares compuestas suelen quedar cargas negativas libres, o deficiencias de cargas positivas, debidas a sustituciones en las estructuras de iones, que se manifiestan en sus caras "paralelas".

b. En segundo lugar, aparecen cargas positivas o negativas en los bordes que se originan por la rotura de las láminas.”

D. LA "CAPA DOBLE":

“La atracción de cationes a la superficie de las arcillas es un fenómeno opuesto a la tendencia de los mismos a distribuirse de manera uniforme en el medio, evitando concentraciones diferenciales” (Das, B. 4ª Ed.)

“Si encontramos a la arcilla en un medio acuoso, frente a la presencia de agua libre en el contorno, ésta tiende por ósmosis a aproximarse a la superficie de las partículas, cargada de cationes, para diluir su mayor contenido salino. En consecuencia, de ello, finalmente se consigue que los cationes se dispersen en el entorno de las partículas de forma que su concentración aumenta progresivamente en dirección perpendicular hacia su superficie. Se crea así una especie de "doble capa" eléctrica: La negativa de la superficie y la positiva proporcionada por la agrupación de cationes en su proximidad, que da nombre a este fenómeno característico de las arcillas.” (Das, B. 4ª Ed.).

E. EXPANSIÓN:

“Se considera suelos expansivos aquellos en los que en una muestra remoldeada y compactada con la densidad y humedad optimas del ensayo Proctor, supere un hinchamiento del 3%.” (Valle, W. 2010).

“De acuerdo al porcentaje de expansión del suelo se puede categorizar en "Baja" cuando el porcentaje de expansión es menor a 1.5%, "Media" cuando esta entre el 1.5 y 5%, "Alta" comprendido entre el 5 y 25% y "muy alta" cuando es mayor al 25%.” (Valle, W. 2010).

2.2.1.1.2. TIPOS DE ARCILLAS:

“Existen más de una decena de tipos de arcillas, pero las importantes y frecuentes a encontrar en el campo son la caolinita, la illita y el grupo de las montmorillonitas (esmectitas), su principal diferencia se debe a la plasticidad que presentan, la caolinita tiene baja plasticidad, la illita media plasticidad y las montmorillonitas tienen alta plasticidad.” (Valle, W. 2010)

Skempton “definió la actividad coloidal (AC) de la arcilla como la relación entre el índice de plasticidad y el porcentaje de partículas con diámetros menores a 0.002 milímetros, la clasificación según el autor mencionado es:

- Inactivas: cuando la $AC < 0.75$ (caolinitas)
- Normales: cuando la AC se encuentra entre 0.75 y 1.25 (illitas)
- Activas: cuando la $AC > 1.25$ (montmorillonitas)”

2.2.2. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS:

MTC – Manual de Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. (2014). “La estabilización de suelos tiene como concepto al mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de un suelo a través de diversos procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. [...].

La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación.” (p. 92)

“A continuación, se describen algunos criterios que recomienda el MTC para establecer la estabilización de suelos:

- Se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con CBR $\geq 6\%$. En caso de ser menor, será materia de un estudio para la estabilización, mejoramiento o reemplazo.
- Cuando la capa de subrasante sea arcillosa o limosa y, al humedecerse, partículas de estos materiales puedan penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas, deberá proyectarse una capa de material anticontaminante de 10cm. de espesor como mínimo o un geotextil.” (MTC – Manual de Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014. p.92.)

En la Figura 12 se puede apreciar la sinterización del procedimiento para determinar el método apropiado de estabilización.

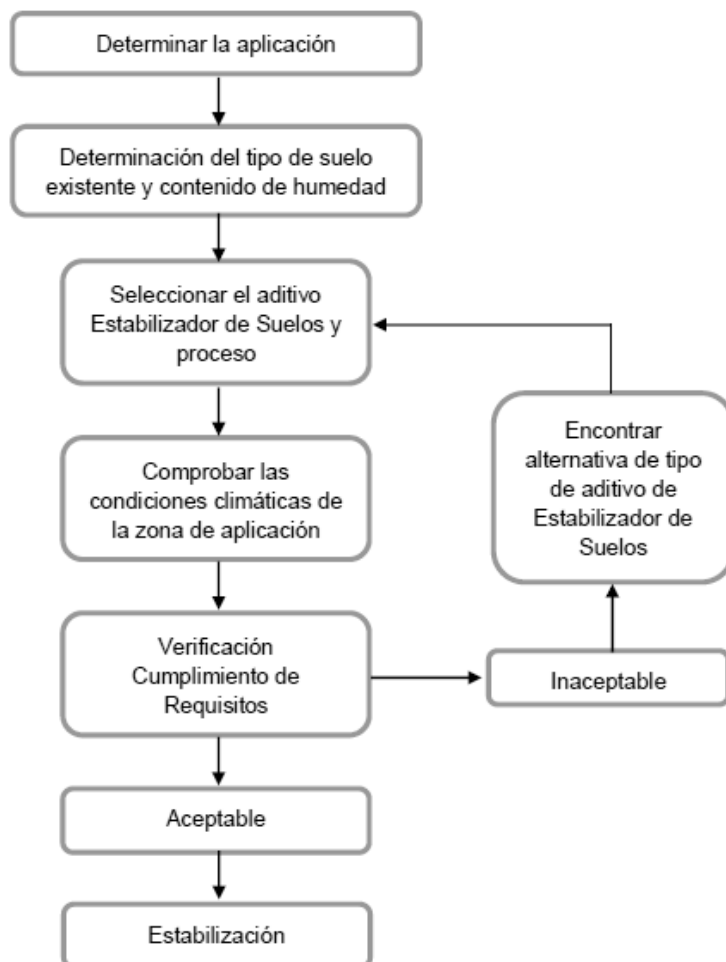


Figura 12: Proceso de selección del Tipo de Estabilización.

Fuente: MTC, 2014.

“En lo siguiente, se presentan dos guías referenciales para la selección del tipo de estabilizador, que satisface las restricciones y observaciones de cada tipo de suelo. En la tabla 12 nos recomiendan seleccionar un tipo de estabilizador a partir del tipo de suelo, en la primera columna de la tabla 12 nos muestra la clasificación por área, esto se obtiene del triángulo de gradación obtenido de las intersecciones del porcentaje fino que pasa la malla N°200 y el porcentaje de arena (pasante malla N°4 y retenido ,en la N°200) así como se muestra en la figura 13, una vez obtenido el área y con el dato del tipo de suelo elegimos la fila adecuada para determinar el tipo de estabilizador recomendado y también gracias a las propiedades plásticas del suelo podemos descartar algunos estabilizadores y quedarnos con solo algunos de los que se nos recomienda.” MTC – Manual de Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014.

Una vez seleccionado el tipo de estabilizador en la Tabla 12 nos resumen algunas sugerencias para poder aplicar el tipo de estabilizador seleccionado.

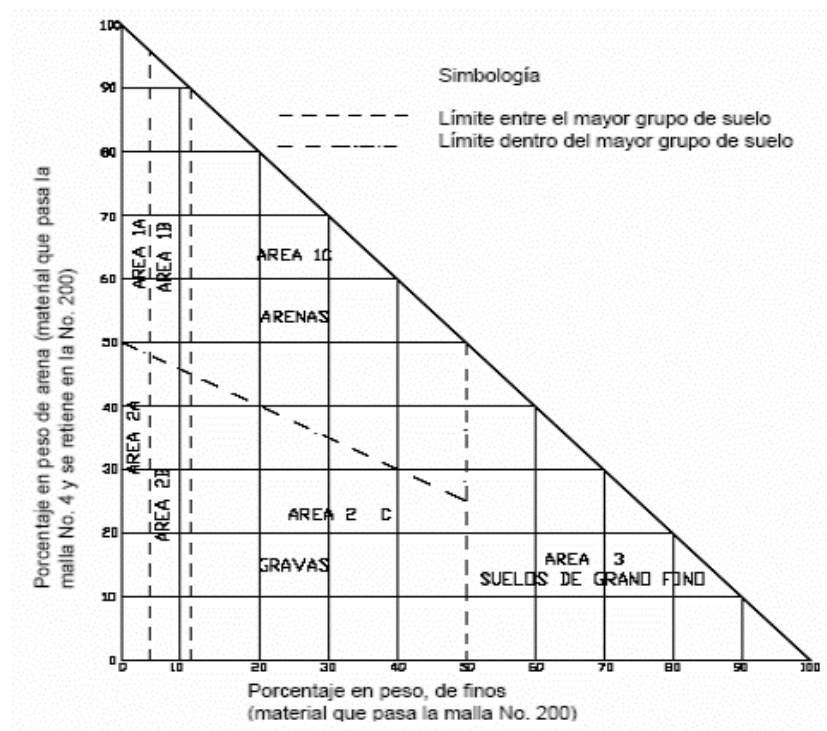


Figura 13: Triángulo de Graduación

Fuente: Garnica *et al.* (2002)

Tabla 12: Guía Referencial para la selección del tipo de estabilizador (parte 1)

Área	Clase de Suelo	Tipo de Estabilizador Recomendado	Restricción en LL y IP del suelo	Restricción en el porcentaje que pasa la malla 200	Observaciones
1A	SW o SP	(1) Asfalto			
		(2) Cemento Portland			
		(3) Cal - Cemento - Cenizas Volcánicas	IP no excede de 25		
1B	SW-SM o SP- SM o SW- SC o SP- PC	(1) Asfalto	IP no excede de 10		
		(2) Cemento Portland	IP no excede de 30		
		(3) Cal -	IP no excede de 12		
		(4) Cal - Cemento - Cenizas Volcánicas	IP no excede de 25		
1C	SM o SC o SM-SC	(1) Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	
		(2) Cemento Portland	(b)		
		(3) Cal -	IP no menor de 12		
		(4) Cal - Cemento - Cenizas Volcánicas	IP no excede de 25		
2A	GW o GP	(1) Asfalto			Solo material bien graduado

		(2) Cemento Portland			El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la malla 4.
		(3) Cal - Cemento - Cenizas Volcánicas	IP no excede de 25		
2B	GW - GM	(1) Asfalto	IP no excede de 10		Solo material bien graduado
	GP -GM	(2) Cemento Portland	IP no excede de 30		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la malla 4.
	GW - GC	(3) Cal	IP no excede de 12		
	GP -GC	(4) Cal - Cemento - Cenizas Volcánicas	IP no excede de 25		
	GM	(1) Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	Solo material bien graduado
2C	GC	(2) Cemento Portland	(b)		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la malla 4.
	GM - GC	(3) Cal -	IP no excede de 12		
		(4) Cal - Cemento - Cenizas Volcánicas	IP no excede de 25		
3C	CH o CL o MH o ML o OH o OL o	(1) Cemento Portland	LL no menor de 40 IP no menor de 20		Suelos orgánicos y fuertemente ácidos contenidos en esta área

ML - CL	(2) Cal -	IP no menor de 12		no son susceptibles a la estabilización por métodos ordinarios.
IP = Índice Plástico (b) $IP = 20 + (50 - \text{porcentaje que pasa la malla 200})$			Sin restricción u observación No es necesario aditivo estabilizador	

Fuente: MTC – Manual de Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014. pp. 96.

Tabla 13: Guía Referencial para la selección del tipo de estabilizador (parte 2)

Tipo de Estabilizador Recomendado	Normas Técnicas	Suelo (1)	Dosificación (3)	Curado (Apertura al Tránsito) (5)	Observaciones
Cemento	EG-CBT-2008 Sección 3058 ASTM C150 ASSHTO M85	A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7 LL < 40% IP ≤ 18% CMO (2) < 1.0% Sulfatos (SO ₄ 2) < 0.2% Abrasión < 50% Durabilidad SO ₄ Ca (4) - AF ≤ 10% - AG ≤ 12% Durabilidad SO ₄ Mg - AF ≤ 15% - AG ≤ 18%	2-12%	7 días	Diseño de mezcla de acuerdo a recomendaciones de la P.C.A (Portland Cement Association)
Emulsión	ASTM D2397 o	A-1, A-2 y A3 Pasante malla N° 200 ≤	4-8%	Mínimo 24 horas	Cantidad de aplicación a ser definida de

	AASHTO M208	10% IP <= 8% Equiv. Arena >40% CMO (2) <1.0% Sulfatos (SO4 2) <0.6% Abrasión < 50% Durabilidad SO-4Ca (4) - AF <= 10% -AG <= 12% Durabilidad SO4 Mg - AF <= 15% - AG <= 18%			acuerdo a resultados del ensayo Marshall modificado o Illinois
Cal	EG-CBT- 2008 Sección 3078 AASHTO M216 ASTM C977	A-2-6, A- 2-7, A-6 y A- 7 10% <= IP <= 50% CMO (2) < 3.0% Sulfatos (SO4 2) <0.2% Abrasión < 50%	2-8%	Mínimo 72 horas	Para IP >50%, se puede aplicar cal en dos etapas Diseño de mezcla de acuerdo a la Norma ASTM D 6276
Cloruro de Calcio	ASTMD98 ASTM D345 ASTM E449 MTC E 1109	A-1, A-2, A-3 IP <= 15% CMO (2) < 3.0% Sulfatos (SO4 2) <0.2% Abrasión < 50%	1 a 3% en peso del suelo seco	24 horas	
Cloruro de Sodio	EG-CBT- 2008 Sección 309B	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 8% <= IP <= 15%	50-80 kg/m3	07 días	La cantidad de cal depende de los resultados (dosificación) y

	ASTME534 MTC E 1109	CMO (2) <3.0% Abrasión < 50%			los tramos de prueba
Cloruro de Magnesio	MTC E 1109	A-1, A-2 y A- 3 IP<= 15% CMO (2) <3.0% pH: mínimo 5 Abrasión <50%	50-80 kg/m3	48 horas	La cantidad de sal depende de los resultados laboratorio (dosificación) tramo de prueba
Enzimas	EG-CBT- 2008 Sección 308B MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 6% <= IP <= 15% 4.5 < pH <8.5 CMO (2) No debe contener Abrasión < 50% %<N°200:10- 35%	1L/30-33 m3	De acuerdo a Especificaciones del fabricante	
Aceite Sulfonados		Aplicable en suelos con partículas finas limosas o arcillosas, con LL sajo, arcillas y limos muy plásticos CMO (2) <1.0% Abrasión < 50%		De acuerdo a Especificaciones del fabricante	

Fuente: MTC – Manual de Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014. pp. 97.

2.2.2.1. METODOS DE ESTABILIZACION

A continuación, se describen diferentes tipos de estabilizaciones recomendados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el “Manual de Carretera: suelos, geología, geotecnia y pavimentos”. Cada tipo de estabilización se describe de forma resumida como referencia para la estabilización de la presente investigación.

a) Estabilización mecánica de suelos

“Con la estabilización mecánica de suelos, se busca mejorar el material del suelo existente, sin alterar la estructura y composición básica del mismo. Como instrumento para lograr este tipo de estabilización, se utiliza la compactación, con la cual se reduce el volumen de vacíos presentes en el suelo.” (MTC – Manual de Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014. p. 98).

“Al compactar un suelo, se obtiene una mayor densidad, por lo que tendremos una mejor distribución de fuerzas que actúan sobre el suelo. Una mayor estabilidad, pues al no compactar un suelo se tendrán asentamientos desiguales. Por lo tanto, inestabilidad de la estructura. Una disminución de la contracción del suelo, al existir espacios vacíos, provocando en suelos arcillosos la contracción y dilatación del suelo y, por último, ocasionará una disminución de los asentamientos.” (RAVINES, Merino, 2010).

b) Estabilización por combinación de suelos

“La estabilización por combinación de suelos considera la combinación o mezcla de los materiales del suelo existente con materiales de préstamo para suplir las carencias de gravas o arenas. El suelo existente se disgregará o escarificará, en una profundidad de 15 centímetros (cm). Luego se colocará el material de préstamo o de aporte. Los materiales disgregados y los de aporte se humedecerán o airearán hasta alcanzar la humedad apropiada de compactación y previa eliminación de partículas mayores de 75 milímetros (mm), sí las hubiere. Luego se procederá a un mezclado de ambos suelos, se formará y compactará

cumpliendo las exigencias de densidad y espesores hasta el nivel de subrasante fijado en el proyecto.” (MTC – Manual de Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014. p. 98).

c) Estabilización por sustitución de los suelos

“Cuando se prevea la construcción de la subbase mejorada solo con material adicionado, pueden presentarse dos situaciones, sea que la capa se construya directamente sobre el suelo natural existente o que este deba ser excavado previamente y reemplazado por el material de adición.

En el primer caso, el suelo existente se deberá escarificar, conformar y compactar a la densidad especificada para el cuerpo del terraplén en una profundidad de 15 centímetros [...].

En el segundo caso, el mejoramiento con material totalmente adicionado implica la remoción total del suelo natural existente, de acuerdo al espesor de reemplazo. [...]” (MTC – Manual de Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014. p. 99).

El MTC (Manual de Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014) “nos muestra un procedimiento para determinar el espesor de reemplazo en función al valor de soporte. El espesor de material a reemplazar se aplicará solo en casos de subrasantes pobres con suelos de plasticidad media, no expansivos y con valores de soporte entre $CBR \geq 3\%$ y $CBR < 6\%$.” (p. 99).

d) Suelos estabilizados con cemento

“La combinación suelo cemento produce la reacción del calcio con la sílice y alúmina, produciendo compuestos silicatos y aluminatos que aumentan lentamente la resistencia de la mezcla, conocido como la acción puzolánica.” (MONTEJO, Fonseca. 2002).

“El contenido óptimo de agua se determina por el ensayo Proctor modificado como en la compactación de suelos. Las propiedades del suelo-cemento dependen del tipo y cantidad de suelo, cemento y agua; ejecución; edad de la mezcla compactada y tipo de curado. [...]

La dosificación de cemento para suelo cemento puede fijarse aproximadamente en función del tipo de suelo, así como se muestra en la tabla 14.” (MTC – Manual de Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014. p. 102-103).

Tabla 14: *Rango de cemento requerido en estabilización suelo cemento.*

Clasificación de suelos AASHTO	Rango usual de cemento requerido porcentaje del peso de los suelos
A-1-a	3 - 5
A-1-b	5 - 8
A-2	8 - 9
A-3	7 - 11
A-4	7 - 12
A-5	8 - 13
A-6	9 - 15
A-7	10 - 16

Fuente: MTC – Manual de Suelos Geología, Geotécnia y Pavimentos. 2014. p. 103.

e) Estabilización con cloruro de sodio

“Este método es utilizado para las capas con cero presencias de agua ya que el cloruro puede ser lavado por el agua con facilidad, su uso de transito ligero, este método se utiliza debido al intercambio iónico entre el sodio y los minerales y así produciéndose una acción cementante.” (MTC – Manual de Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014. p.104.)

f) Estabilización con cloruro de calcio

“Su aplicación es parecida a la del cloruro de sodio, este estabilizador ayuda a la compactación y contribuye con la resistencia del suelo. Este estabilizador se encuentra de forma granular u en forma de hojuelas y su dosificación varía entre 1 a 2% dependiendo al peso del material a estabilizar.” (MTC – Manual de Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014. p. 106).

g) Estabilización con cloruro de magnesio

MTC – Manual de Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014). “El cloruro de magnesio (MgCl) es un cloruro en forma de cristales de color blanco, más efectivo que el cloruro de calcio para incrementar la tensión superficial produciendo una superficie de rodado más dura. Químicamente, el cloruro de magnesio está constituido aproximadamente por un 10.5% de magnesio, un 33.5% de cloro, un 52% de agua y un 4% de impurezas, grasoso al tacto por su gran contenido de humedad. Para el uso vial presenta las siguientes propiedades útiles:

- Higroscópica: Posee la capacidad de absorber humedad del ambiente, incluso en zonas sumamente áridas.
- Ligante: Cohesiona las partículas finas, permitiendo consolidar la carpeta de rodado.
- Resistente a la evaporación: Posee una baja tensión de vapor, lo que permite que no se pierda la humedad absorbida.
- Baja temperatura de congelamiento: -32.8 °C.
- Altamente soluble en agua: Permite elaborar una solución en forma rápida y sencilla.” (p.106)

“La dosis de cloruro de magnesio se aplica, en una proporción de 3% a 5% en peso del suelo seco. Depende del grado de plasticidad en el material a tratar (a mayor IP, menor cantidad requerida de MgCl).” (MTC – Manual de Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014. pp.106.)

h) Estabilización con productos asfálticos

“La mezcla de un suelo con un producto asfáltico puede tener como finalidad:

- Un aumento de su estabilidad por las características aglomerantes del ligante y la presencia de agua las cuales interaccionan con el suelo.
- El suelo se vuelve más impermeable y por ende se vuelve resistente a la humedad.

La dosificación necesaria de ligante es función principalmente de la granulometría (superficie específica) del suelo. Los suelos más adecuados son los granulares con pocos

finos, de reducida plasticidad, que presentan menos del 20% que pasa la malla 200, LL < 30 e IP < 10.” (MTC – Manual de Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2014. p. 107).

i) Estabilización de suelos con cal

“La utilización de cal en la estabilización genera un aumento en su capacidad para resistir los efectos inducidos por el tránsito y también mejora las características plásticas haciéndolos más friables y aumentando el valor de soporte.” (ANCADE y IECA)

“Si el diseño y técnicas de construcción son apropiados, el tratamiento con cal transforma químicamente los suelos inestables en materiales utilizables. Adicionalmente, el soporte estructural de los suelos estabilizados con cal puede ser aprovechado en el diseño de pavimentos.” (NATIONAL LIME ASSOCIATION. 2006)

La acción de la cal suele explicarse como efectuada por tres reacciones básicas:
(Menéndez, 2013)

- “El primer proceso es la alteración de la película de agua que rodea los minerales de arcilla.
- El segundo proceso es de coagulación o floculación de las partículas de suelo.
- El tercer proceso a través de sus componentes. Los dos principales componentes que reaccionan con la cal son la alúmina y la sílice. Esta reacción es prolongada en la acción del tiempo y se manifiesta en una mayor resistencia si las mezclas de suelo-cal son curadas durante determinados lapsos de tiempo. Este es conocido como “acción puzolánica”.

2.2.3. GALLINAZA

La Gallinaza es la combinación de heces y orina que se obtiene de la gallina enjaulada o de piso (Estrada, 2005); a esta se une la porción no digerible de alimentos, microorganismos de la biota intestinal, plumas, huevos rotos.

“La gallinaza es un excelente material para compostar pues posee propiedades muy características. La gallinaza es muy buena como agentes inoculantes de microorganismos para el compostaje ya que la excreta de los animales tiene una gran cantidad de microorganismos procedentes del tracto intestinal. En el caso de las gallinas como en el de otros animales, las deyecciones son una mezcla entre sólido y líquido, lo que hace que el contenido de nitrógeno sea especialmente alto. Este nitrógeno está en su mayor parte en forma de amonio, que es muy volátil (al convertirse en amoníaco) y que es el causante de fuerte olor de este estiércol haciéndolo muy característico.

Este nitrógeno, aunque potencialmente es un excelente fertilizante, puede ser un verdadero problema si lo aplicamos directamente o no lo estabilizamos bien. El amonio a valores ligeramente básicos (pH 7-8) se convierte en amoníaco, que es el gas causante del fuerte olor de este estiércol. Una técnica muy practicada para aprovechar este estiércol como fertilizante es secarlo o deshidratarlo.” (German Tortosa. 2013).

Una de las actividades económicas del Perú que ha experimentado un rápido crecimiento y desarrollo es la actividad avícola, incluye la producción de carne de aves y la producción de huevos para consumo. Actualmente se constituye la actividad más importante pues ha experimentado un incremento en la producción del subsector pecuario a comparación de los subsectores ovino, caprino, porcino, vacuno, llama y alpaca; además tiene alta incidencia en el desarrollo de otras actividades agrícolas o industriales conexas de gran impacto económico para el país. En el Tabla 15 se observa que la producción de la actividad avícola es aproximadamente el 50% del subsector pecuario total.

Tabla 15: *Participación de principales especies pecuarias en el valor de producción del subsector pecuario.*

Especies	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Avícola	45.6	45.4	46.5	46.8	45.6	47.1	48.3	49.4	51.9	53.4	54.2
Ovino	7.5	7.5	7.1	7.0	7.1	6.6	6.2	5.9	5.4	5.1	5.0
Porcino	8.3	8.3	7.9	7.7	7.8	7.7	7.5	7.5	7.1	6.7	6.5
Vacuno	22.2	21.9	21.5	21.5	22.0	21.5	21.1	20.1	18.8	18.0	18.0
Caprino	1.2	1.1	1.0	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7
Alpaca	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	1.1	1.0
Llama	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3

Fuente: Dirección Regional Agrarias-Dirección de Información Agraria. MINAG

“A partir de los años 60’ se produjo un gran crecimiento en la industria avícola debido a su desarrollo especializado y diferenciado para cada uno de sus procesos, años anteriores esta actividad era realizada en forma marginal y básicamente para autoconsumo. En los 70’ se tuvo un periodo de veda al consumo de carnes rojas, la producción de aves incremento, pero a mediados de esa década se produjo una gran crisis avícola por la devaluación del 50%.

En este tiempo se generaron las primeras integraciones verticales y horizontales para su supervivencia en donde las empresas avícolas, productoras de alimentos balanceados, empresas de comercialización y distribución se agrupan a fin de manejar y controlar las fases productivas de todo el proceso.” (MINAG, 2011)

El incremento de la avicultura intensiva se debe al incremento masivo del consumo de carnes y huevos. En la Figura 14 se observa que el consumo de carne de ave entre los años de 1951 al 1999 ha tenido un crecimiento continuo.

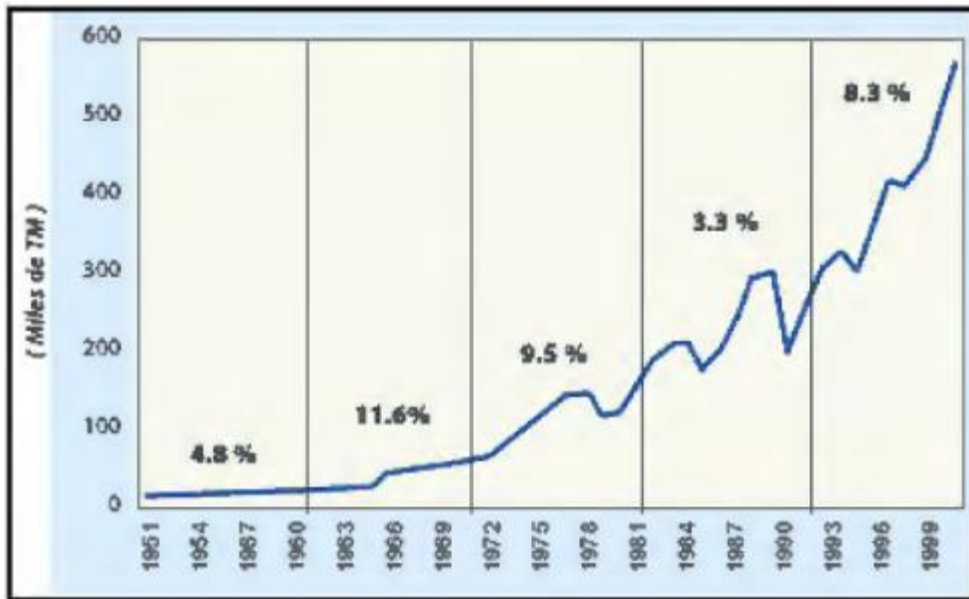


Figura 14: Tasa de crecimiento de la producción de carne de ave.

Fuente: Organización Internacional Agropecuaria. Ministerio de Agricultura, Perú, citado por Asociación Peruana de Avicultura (2010).

El crecimiento del consumo de carne equivale al incremento de la producción avícola. (Figura 15).

Según el Informe Técnico sobre Producción Nacional del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2011), la producción de ave aumentó en 2.37%, reflejándose en los departamentos de Ica, La Libertad y Arequipa debido al buen manejo técnico en relación a nutrición y sanidad animal en el proceso de engorde en las granjas avícolas; además que la costa peruana ofrece uno de los mejores climas del mundo para la crianza de aves, es por lo cual que la avicultura se desarrolla mayormente en la costa que aprovecha terrenos improductivos incorporándolos en la actividad económica.

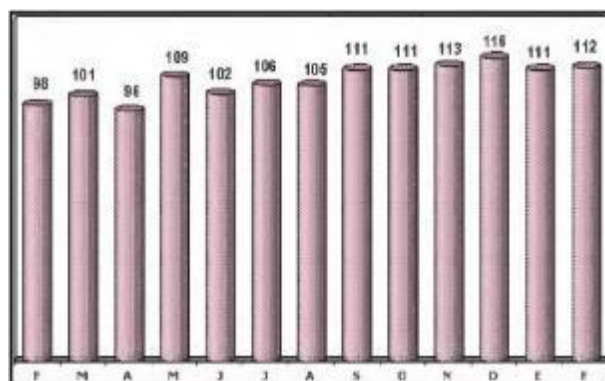


Figura 15: Producción de aves (Miles de TN):1992-2011.
Fuente: Ministerio de Agricultura, Perú. 2010.

“Los cuadros estadísticos de la Asociación Peruana de Avicultura (A.P.A., 2010) la producción de gallina negra, colorada y reproductora del mes de agosto 2009 hasta agosto 2010 (Tabla 16) aproximadamente fue de 13 millones de gallinas.

Si realizamos un cálculo sobre la cantidad de residuos a nivel nacional que se produce por la producción de aves se obtendría 0.8 mega toneladas/año de residuos orgánicos (estiércol), considerando que cada gallina produce entre 150 g de estiércol/día” (García y Lon, 2007).

Tabla 16: Estadísticas de venta de gallinas en Lima Metropolitana.

AÑO	TIPOS DE GALLINA		
	NEGRA	COLORADA	REPRODUCTORA
ago-09	142900	450240	380380
sep-09	179600	383900	344550
oct-09	224500	452505	351900
nov-09	219600	438750	350000
dic-09	192700	406620	336978
ene-10	186500	402220	295565
feb-10	187800	355410	298895
mar-10	216500	444280	331150
abr-10	210500	424280	332580
may-10	253500	464580	373950
jun-10	241500	544250	353000
jul-10	276000	458300	365350
ago-10	292700	496600	334450

Fuente: MINAG-DGIA citado por APA (2010).

2.2.3.1. CARACTERISTICAS DE LAS GALLINZA

A. CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS

“El estiércol de diferentes animales es la principal fuente de abono orgánico y su apropiado manejo es una excelente alternativa para ofrecer nutrientes a las plantas y a la vez mejorar las características físicas y químicas del suelo. Solo la quinta parte del alimento que consume es utilizada para su producción, el resto es eliminado en el estiércol y la orina.”

(TAPIA, Mario y FRIES, Ana. 2007).

La cantidad de estiércol que puede producir una gallina en un día depende de los factores de alimentación, el tipo crianza y especie. Según García y Lon (2007) “consideran que cada gallina produce entre 150 g/día aproximadamente.”

La variación en la composición del estiércol depende de la especie animal, de su alimentación, contenido de materia seca y el manejo de su estiércol. En el Tabla 17 se aprecia la composición química del estiércol fresco y seco de diferentes animales.

Tabla 17: *Composición Química de estiércol de animales*

Animal	Materia Seca %	% N	%P2O5	%K2O	%CaO	%MgO	%SO4
Vacunos (f)	6.00	0.29	0.17	0.10	0.35	0.13	0.04
Vacunos (s)	16.00	0.58	0.01	0.49	0.01	0.04	0.13
Ovejas (f)	13.00	0.55	0.01	0.15	0.46	0.15	0.16
Ovejas (s)	35.00	1.95	0.31	1.26	1.16	0.34	0.34
Caballo (s)	24.00	1.55	0.35	1.50	0.45	0.24	0.06
Caballo (f)	10.00	0.55	0.01	0.35	0.15	0.12	0.02
Gallinas (s)	47.00	6.11	5.21	3.20	s.i.	s.i.	s.i. (f)

(f) fresco; (s) seco; s.i. (sin información))

Fuente: SEPAR, 2004 citado por TAPIA *et al.* 2007

Por otro lado, la composición y calidad de estiércol dependen también del tipo de alimentación, crianza, la edad del ave y tiempo de permanencia (Estrada, 2005), su

composición cambia de acuerdo al momento de recolección y al tipo de almacenamiento como se observa en el Tabla 18.

Tabla 18: Valor como abono de la gallinaza de acuerdo al tipo de almacenamiento

Tipo	Humedad %	Nitrógeno %	Ácido Fosfórico %	Potasio %
Fresca	70-80	1.1-1.6	0.9-1.4	0.4-0.6
Acumulada unos meses	50-60	1.4-2.1	1.1-1.7	0.7-1
Almacenada en foso profundo	12-25	2.5-3.5	2-3	1.4-2
Desecada Industrialmente	7-15	3.6-5.5	3.1-4.5	1.5-2.4

Fuente: Castello y Col. 1989 por Estrada.2005.

La gallinaza seca posee una mayor concentración de nutrientes, esto depende al tiempo y rapidez del secado pues si la exposición al aire es en un periodo largo se tiene el riesgo de perder nutrientes por efectos de lixiviación o volatilización perjudicando el valor como abono de este estiércol y contaminando el medio ambiente. El tipo de alimentación de las aves y tipo de crianza, la composición física varía tal como se aprecia en el Tabla 19.

Tabla 19: Caracterización de los diferentes tipos de Gallinaza y Composición.

Parámetros	Gallinaza en Jaula	Gallinaza en piso	Pollinaza
Ph	9.00	8.00	9.50±0.20
Conductividad (mS/cm)	6.90	1.60	4.10±0.10
Humedad (%)	57.80	34.80	25.80±0.20
Cenizas (%)	23.70	14.00	39.00±3.00
Potasio (K ₂ O%)	1.90	0.89	2.10±0.10
Carbono Orgánico (%)	19.80	24.40	23.00±5.00
Materia Orgánica (%)	34.10	42.10	39.60±8.00
Nitrógeno (%)	3.20	2.02	2.30±0.10
Relación C/N	6.20	12.10	10.00
Fósforo (P ₂ O ₅)	7.39	3.60	4.60±0.20
C.I.C. (meq/100g de muestra)	58.20	77.00	
C.I.C. (meq/100g MO)	226.00	138.00	125.00

Fuente: Peláez et al, 1999, citado por Estrada (2005)

“La gallinaza en jaula tiene una composición húmeda porque el estiércol no está mezclado con cascarilla de arroz, aserrín, paja u otros componentes de la cama, a diferencia de la composición de la gallinaza en piso y pollinaza. La mezcla estiércol con la cama eleva la composición de carbono, por tal razón la relación C/N es menor en la gallinaza en jaula que los otros dos tipos.” (Peláez [et al]. 1999)

2.2.3.2. ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL CONTAMINANTE DE LAS GRANJAS AVICOLAS

“La avicultura posee diferentes actividades en su desarrollo: producción y engorda de pollo, producción de huevo para plato, de pavos y otras aves de consumo más exótico, como el avestruz, la codorniz y el faisán; aunque se crían otras especies de aves, su manejo comercial es muy reducido. Destacan el pollo de engorda y el huevo para plato, como las actividades que más contribuyen a la economía estatal.” (MÉNDEZ Novelo, R. *et al.* 2009)

“Cuando los desechos sólidos son depositados directamente al suelo, producen una alta contaminación orgánica tanto al suelo como al acuífero. La producción de gallinaza, y su descomposición amoniacal puede acumularse a tal grado en el suelo que, en vez de ser un abono, mata cualquier forma de vida vegetal. Además, percollará a través del suelo cuando sea expuesto al agua y se filtrará a las capas de agua subterránea, donde el nitrógeno se oxidará y permanecerá en forma de nitratos.” (MÉNDEZ Novelo, R. *et al.* 2009)

A. Problemas ambientales

“Las granjas porcícolas, avícolas producen subproductos como son las excretas que al ser dispuestos sin control alguno ocasionan perjuicios al ambiente, estos efectos se pueden clasificar en términos de la contaminación del aire, agua y suelo.” (MÉNDEZ Novelo, R. *et al.* 2009)

- **Contaminación del aire**

“Las emisiones de amoníaco, sulfuros de hidrógeno, metano y dióxido de carbono producen molestias por los olores desagradables, siendo además precursores de trastornos respiratorios en el hombre y animales, entre otros problemas como es la contribución de la destrucción de la capa de ozono por la producción de óxido nitroso N₂O como parte de los gases emitidos durante la degradación microbiana.” (Pacheco et al., 1997).

- **Contaminación del suelo**

“Si se vierte estiércol en exceso sobre el suelo se puede ocasionar una acumulación de nutrientes y producir alteración en el pH de este, la infiltración al subsuelo de nitratos, contaminación microbiológica, entre otros. Otro problema relacionado es la acumulación de metales pesados en la capa superficial del suelo, particularmente por la presencia de sales de hierro y cobre” (Kato, 1995).

- **Contaminación del agua**

“La contaminación del agua superficial por las excretas se manifiesta por la presencia de amonio y sulfatos, entre otros. El exceso de nutrientes favorece el crecimiento de las algas desencadenando con ello el agotamiento del O₂ disuelto, favoreciendo la proliferación de larvas de insectos nocivos, y en casos severos se provoca la eutroficación de los cuerpos de agua. Por su parte el amonio es tóxico para los peces y los invertebrados acuáticos.” (Pacheco et al., 1997).

“De igual forma, se produce la contaminación de mantos acuíferos por la actividad porcícola y avícola, debido a la presencia de sólidos suspendidos, coliformes y nitrógeno entre otros, sobre todo en suelo permeable [...]” (MÉNDEZ Novelo, R. *et al.* 2009).

2.2.4. PUZOLANAS

“Son materiales silíceos o aluminio – silíceos que reaccionan químicamente con cal hidratada a temperatura normal y en presencia de humedad para formar un material resistente, de endurecimiento lento.” (Petermann y Saeed, 2012).

En la norma ASTM citada por Vega (2006), “se define como puzolanas a los “materiales naturales o artificiales sílice - amorfos o aluminio - silíceos quienes por sí solos poseen poco o ningún valor cementante, pero cuando se han dividido finamente; son una especie de cemento natural que en presencia de agua reaccionan químicamente con el hidróxido de calcio a temperatura ambiente para formar compuestos con propiedades cementantes”

“Los materiales puzolánicos son sólidos inorgánicos de naturaleza silícea o sílice aluminosa de origen natural o artificial, los cuales endurecen en agua al ser mezclados con hidróxido cálcico o cualquier otro material que pueda producir reacciones puzolánicas y que finalmente generan productos de hidrataciones estables, insolubles y de carácter cementante, además para que pueda producirse la reacción puzolánica es necesario que la sílice esté en estado amorfo.” (Vega, 2006).

2.2.4.1. TIPOS DE PUZOLANAS

Las puzolanas se clasifican en dos grandes grupos artificiales y naturales:

a. Puzolanas Naturales

“Son productos minerales de compuestos sílice – luminosos de textura fina y estructura amorfa, lo que los hacen aptos para su uso como aditivos activos en la industria del cemento. El constituyente amorfo es vidrio producido por el enfriamiento de la lava, como la pómez, las tobas, la escoria y la obsidiana. Las puzolanas naturales son derivadas de erupciones volcánicas, excepto las tierras diatomáceas, las cuales son formadas por silicatos amorfos hidratados, derivados de los esqueletos de microorganismos acuáticos.

Su estructura pobre cristalina es la que les da la reactividad a estos minerales, son difíciles de evaluar debido a su variación mineralógica, entre las principales puzolanas naturales,

tenemos las acumulaciones de cenizas generadas durante las erupciones volcánicas explosivas que luego por procesos geológicos de enterramiento estas cenizas se convierten en tobas.” (Allauca y Lung, 2009)

b. Puzolanas Artificiales

“Las puzolanas artificiales son materiales que son el resultado de un tratamiento térmico adecuado, dentro de esta condición cabe distinguir dos grupos uno formado por materiales naturales silicatados de naturaleza arcillosa y esquistosa, que adquieren el carácter puzolánico sometimiento a procesos térmicos y otro constituido por subproductos de determinadas operaciones industriales que en virtud de su naturaleza y de las transformaciones sufridas en las mismas, adquieren las propiedades puzolánicas. Dentro de esta denominación se incluyen los subproductos de determinadas operaciones industriales; tales como, residuos de bauxita polvos de chimeneas de altos hornos, cenizas volantes, etc. Las de mayor peso en la actualidad, en el mundo, son las cenizas volantes en función de las ventajas económicas y técnicas que ofrecen ya que es un material de desecho con muy buenas propiedades puzolánicas.” (Llamoga, 2017).

c. Cenizas Volantes (Fly ash)

Las cenizas volantes, son un tipo de cenizas que se producen en la combustión de carbón mineral (lignito) fundamentalmente en las centrales termoeléctricas que utilizan carbón pulverizado como combustible.

La Norma ASTM C618 “define dos clases de cenizas volantes: las cenizas de clase F y las cenizas de clase C. La clase F se produce normalmente al quemar antracita o carbón bituminoso y tiene propiedades puzolánicas, pero no tiene propiedades aglomerantes. La clase C de cenizas volantes se produce normalmente de la quema de lignito o carbón no bituminoso y además de las propiedades puzolánicas tiene algunas propiedades aglomerantes autógenas, en la Tabla 20 se presenta un resumen de ello.”

Tabla 20: *Requisitos químicos de las puzolanas*

Ceniza		Clase		
		F	C	N
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	min %	70	50	70
SO ₃	máx %	5	5	4
Contenido de Humedad	máx %	3	3	3
Pérdida por calcinación	máx %	6*	6	10

*Se puede emplear puzolana de clase F con contenidos de hasta 12% de Pérdida por calcinación si cuenta con registros de performance o resultados de ensayos de laboratorio aceptables.

Fuente: ASTM C 618.

d. Arcillas activadas o calcinadas artificialmente

“Las arcillas naturales por sí solas no presentan actividad puzolánica a menos que su estructura cristalina sea destruida mediante un tratamiento térmico a temperaturas del orden de 600°C a 900°C. Mayormente estos materiales están formados por residuos de la quema de ladrillos de arcilla y otros tipos de arcilla que son sometidas a temperaturas superiores a los 800°C.” (Llamoga, 2017).

e. Micro Sílice:

La micro sílice es un subproducto de la reducción del cuarzo de alta pureza con carbón en hornos de arco eléctrico para la producción de silicio o aleaciones de ferro silicio. Este material está constituido por una buena cantidad de sílice amorfa compuesta por partículas esféricas que se recolectan de los gases de escape de los hornos.

Vega (2006). “Determinó que este tipo de ceniza está formada por partículas vítreas muy finas con un área superficial de 20,000 m²/kg y al ser la micro sílice extremadamente fina tiene alto contenido de sílice amorfa convirtiéndose en un material puzolánico altamente efectivo para reaccionar con la cal durante la hidratación del cemento y formar compuestos aglomerantes.”

f. Residuos Agrícolas y Avícolas

Estos materiales son el resultado de la combustión de los residuos agrícolas y avícolas como la ceniza de cascarilla de arroz, las cenizas del bagazo, la paja de la caña de azúcar y la ceniza de gallinaza o estiércol de ave. Cuando son quemados convenientemente, se obtiene un residuo mineral rico en sílice y alúmina, cuya estructura depende de la temperatura de combustión. En la figura 16 se puede apreciar la ceniza de gallinaza.



Figura 16: Ceniza de gallinaza
Fuente: Elaboración propia. 2020.

2.2.5. CENIZA DE GALLINAZA

La ceniza de gallinaza es un subproducto de la cama de aviculturas o granjas de aves. Es la combustión de la gallinaza.

A nivel mundial el consumo per cápita de pollo que encabeza Brasil con un consumo por habitante de 71.20 kg/hab. anualmente, Israel 65.23 kg/hab. anualmente y el Perú en el puesto 11 con un consumo por habitante de 49.45 kg/hab. anualmente, como se muestra en la figura 17 el consumo de pollo.

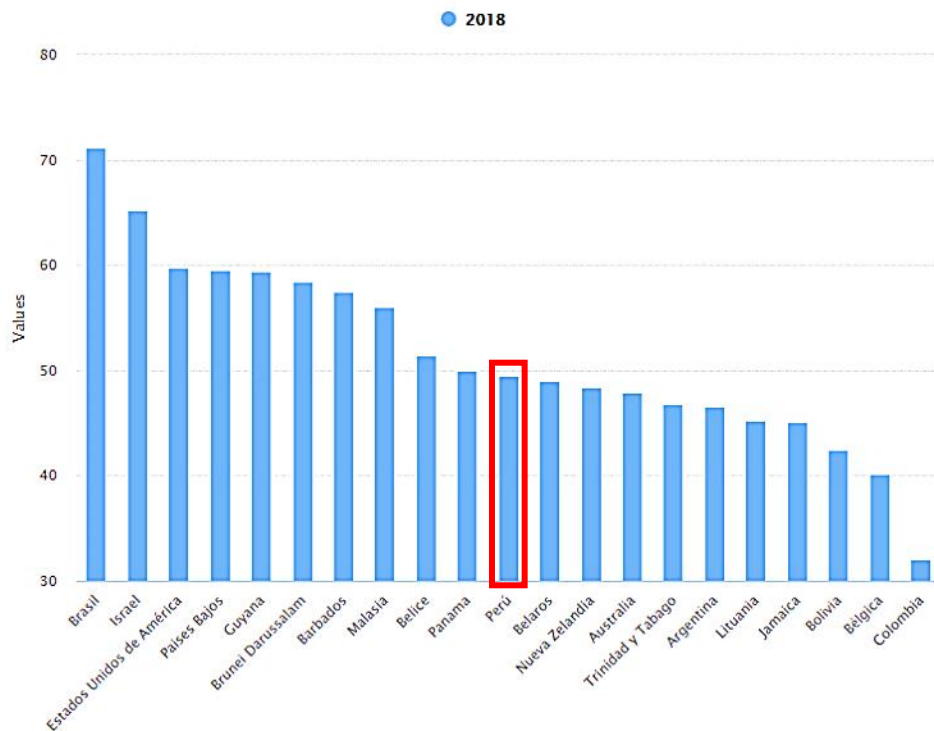


Figura 17: Consumo per cápita de pollo (kg/hab.)
Fuente: FAO.

2.2.5.1. CARACTERÍSTICAS

Por sus características que se puede apreciar y por la combustión del subproducto, la ceniza de gallinaza contiene materiales puzolánicos como el dióxido de silicio (SiO_2) y otros posibles óxidos que producen la actividad puzolánica, lo que permite trabajar como un estabilizador de suelos.

“Las puzolanas son materiales sin capacidad de actividad hidráulica por sí solos, por esto se deben de mezclar con activadores alcalinos para generar compuestos con propiedades aglomerantes, dando a lugar a cementantes hidráulicos como es la cal.” (Salazar, 2011).

2.2.5.2. PRODUCCIÓN

La gallinaza se genera en la crianza de pollos o gallinas, donde podemos encontrar en gran cantidad son en las granjas de pollos, que posteriormente es acumulado para el uso de fertilizante de suelos o tierra agrícolas y otra cantidad es expulsado a la intemperie generando contaminación del aire; en este estudio de investigación se plantea dar un nuevo uso a este producto, quedando, así como un subproducto al cual serán sometidos a temperaturas altas a la gallinaza obteniendo de la combustión la ceniza de gallinaza.

Al finalizar este proceso la ceniza de gallinaza se puede aprovechar para fines de estabilización de suelos de baja capacidad de soporte.

El proceso de producción de la ceniza de gallinaza se muestra en la figura 18.



Figura 18: Proceso de producción de ceniza de gallinaza
Fuente: Elaboración Propia.

2.2.5.3. DISGREGACIÓN A LA OBTENCIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA

Este subproducto de la gallinaza tiende a disgregarse de su peso seco al ser sometido a la combustión a temperaturas adecuados de acuerdo a la tabla 22, se disgrega o se reduce a un 17.82 % del peso seco de la gallinaza.

En la tabla 21, se muestra las cantidades de gallinaza los cuales fueron quemados en distintas proporciones.

Tabla 21: *Disgregación del subproducto de la ceniza de gallinaza*

DISGREGACIÓN			
COMBUSTIÓN	PESO DE GALLINAZA SECA (gr)	OBTENCIÓN DE CENIZA (gr)	OBTENCIÓN DE CENIZA (%)
1°	800.00	240.00	30.00%
	6,150.00	955.00	15.53%
	5,150.00	1,250.00	24.27%
2°	4,900.00	750.00	15.31%
	5,450.00	940.00	17.25%
	10,000.00	1,435.00	14.35%
3°	27,900.00	3,710.00	13.30%
4°	28,240.00	3,555.00	12.59%
PROMEDIO			17.82%

Fuente: Elaboración Propia. 2020.






2.2.5.4. MECANISMOS DE REACCIÓN

En la investigación de Vidal (2014), “se observó que la quema de la ceniza a altas temperaturas como 1000 °C el índice de puzolanidad presenta una disminución, modificando la estructura amorfa de la sílice. Para lo que posteriormente se les dio tratamiento térmico a temperaturas entre 500 °C y 700 °C, lo que elevó su grado de

puzolanidad además de la resistencia a la compresión de las probetas que fueron ensayadas.”

En la Tabla 22 se aprecia la influencia de la temperatura y el tiempo de quema.

Tabla 22: *Influencia de la temperatura a quemar.*

	A 100°C se presenta una pérdida inicial de masa, resultante de la evaporación de agua absorbida.
	A 350°C Inicia una ignición del material más volátil, aquí es donde inicia la quema de bagazo.
	Entre 400° a 500°C el carbón residual y los óxidos se forman, se observa una pérdida más importante de masa, después de esa etapa la ceniza se convierte en amorfa, rica en sílice.
	El uso de temperaturas por arriba de los 700°C puede llevar a la formación de cuerazos, y niveles aún más elevados de temperatura, pueden crear otras formas cristalinas.
	Encima de los 800°C el sílice presente en la ceniza del bagazo de caña de azúcar es esencialmente cristalino.

Fuente: Vidal, 2014.

2.3. Definición de Términos

- **Gallinaza:**

“Es el nombre con el que se denominan los excrementos de los animales que se utilizan para fertilizar los cultivos. En ocasiones el estiércol está constituido por excrementos de animales y restos de las camas, como sucede con la paja. El lugar donde se vierte o deposita el estiércol es el estercolero.” (ECURED).

- ***Ceniza:***

“Es el producto de la combustión de algún material, compuesto por sustancias inorgánicas no combustibles, como sales minerales. Parte que queda como residuo en forma de polvo depositado en el lugar donde se ha quemado el combustible (madera, basura, etc.)”. (FANDON).

- ***Orgánico:***

“El componente constante de las sustancias orgánicas es el carbono; la sacarosa es un compuesto orgánico que contiene carbono, oxígeno e hidrógeno.” (LEXICO)

- ***Lixiviación:***

“Lixiviación, nombre más empleado al disolver y extraer sustancias inorgánicas en la industria minera. Otro nombre empleado es el de percolación, en este caso, la extracción se hace con disolvente caliente o a su punto de ebullición. La colada se refería originalmente a la percolación del líquido a través de un lecho fijo del sólido, pero en la actualidad se utiliza para descubrir la operación en forma general, sin importar la forma en que se realice. La decocción se refiere específicamente al uso del disolvente a su temperatura de ebullición, cuando el material soluble está sobre todo en la superficie de un sólido insoluble y simplemente se lava con el disolvente, la operación algunas veces recibe el nombre de elución. La extracción sólido-líquido puede ser una operación a régimen permanente o intermitente, según los volúmenes que se manejen.” (Palacios, Julio. 2008)

- ***Carbono orgánico***

“El carbono orgánico del suelo (COS) es un componente importante del ciclo global del C, ocupando un 69,8 % del C orgánico de la biosfera”. (FAO, 2001).

“El suelo puede actuar como fuente o reservorio de C dependiendo de su uso y manejo.” (Lal et al. 1997).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

La estabilización mediante la incorporación de 2%, 4% y 8% de la ceniza de gallinaza influye en el mejoramiento de las propiedades de la subrasante de baja capacidad de soporte.

2.4.2. Hipótesis Especifico

a) La estabilización mediante la adición de la ceniza de gallinaza en los porcentajes de 2%, 4% y 8%, mejoran las propiedades físicas de la subrasante de baja capacidad de soporte.

b) La estabilización mediante la incorporación de la ceniza de gallinaza en los porcentajes de 2%, 4% y 8%, mejoran las propiedades mecánicas de la subrasante de baja capacidad de soporte.

2.5. Variables

2.5.1. Definición Conceptual de la Variable

❖ VARIABLE INDEPENDIENTE

Se llama gallinaza al excremento o estiércol de las gallinas. Este excremento se considera como un excelente abono, las deyecciones casi se elevarían a la riqueza fertilizante del guano del Perú comparados ambos abonos en estado de sequedad.

La ceniza de gallinaza es la descomposición al ser sometido al fuego a este dicho material, lo cual cambiará sus características y textura de la gallinaza después de ser sometido a altas temperaturas (fuego).

La estabilización de suelos es aquel procedimiento de naturaleza mecánica, química, etcétera, por el cual mejoramos alguna propiedad ingenieril del suelo.

Este tipo de estabilización es natural porque es de un recurso natural quien lo procesa o expulsan son las aves.

X: CENIZA DE GALLINAZA

❖ *VARIABLE DEPENDIENTE*

La subrasante es la capa superficial de terreno natural, es el soporte de la estructura del pavimento. Para el proceso de diseño del pavimento se tendrá que tener en cuenta fundamentalmente en el suelo de fundación, por lo cual se tendrá que evaluar las propiedades del suelo.

La variable dependiente sufre cambios como resultado de la manipulación de la variable independiente. Como su nombre lo dice, de manera explícita, depende de otro factor que como resultado va a hacer que esta variable varíe.

Y: SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE

2.5.2. Definición Operacional de la Variable

❖ **Variable independiente:** Ceniza de Gallinaza (X).

La estabilización con ceniza de gallinaza, es una investigación el cual genera una intriga al adicionar la ceniza de gallinaza para la estabilización, porque en su mayoría la gallinaza se tiene como conocimiento que sirve para mejorar o fertilizar el suelo en el ámbito de la agricultura y/o ingeniería agrónoma. Es un uso innovador el cual este estudio de investigación pretende demostrar con los ensayos respectivos, adicionando al suelo la ceniza de gallinaza.

❖ **Variable dependiente:** Subrasante de baja capacidad de soporte (Y).

La subrasante es un nivel de terreno natural dentro de las estructuras o capas de un pavimento el cual cumple una función fundamental que es soportar la estructura de un pavimento. Para que puede ser el adecuado material y no ser alterado sus características o propiedades al contacto con algún agente natural, debe tener ciertas propiedades y/o características para que no pueda ser afectado la subrasante y sus capas superiores, de manera que sean deteriorados dicho pavimento diseñado. La propiedad esencial es la capacidad de soporte del suelo, esto nos podría determinar cuan resistente es al ser sometidos a cargas.

2.5.3. Operacionalización de la Variable

Tabla 23: Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	UNIDAD	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Variable Independiente: X: Ceniza de Gallinaza	Se llama gallinaza al excremento o estiércol de las gallinas. Este excremento se considera como un excelente abono. Este material a usar como adición, primero sera sometido a alta temperatura (combustion). Es un compuesto natural que al ser empleado como estabilizador natural de suelos, este pueda aumentar las propiedades físicas..	Porcentaje de Ceniza de Gallinaza	%	Cantidad de ceniza de gallinaza en peso del suelo (2%).	Dosificación porcentual de estiércol de ave respecto al peso del suelo. Guía de observación de laboratorio. Formato de evaluación.
			%	Cantidad de ceniza de gallinaza en peso del suelo (4%).	
			%	Cantidad de ceniza de gallinaza en peso del suelo (8%).	
Variable Dependiente: Y: Subrasante de baja Capacidad de Soporte	La subrasante es definida como el suelo preparado y compactado para soportar la estructura de un sistema de pavimento. Estas propiedades de los suelos que constituyen la subrasante, son las variables más importantes que se deben considerar al momento de diseñar una estructura de pavimento. Las propiedades físicas se mantienen invariables aunque se sometan a tratamientos tales como homogenización, compactación, etc., Sin embargo, ambas propiedades cambiarían cuando se realicen en ellos procedimientos de estabilización.	Propiedades físicas de la subrasante	%	Granulometria (Tamizado)	Guía de observación de laboratorio. Formato de evaluación de comportamiento fisico.
			%	Limites de Atterberg (LL-LP e IP)	
		Propiedades mecanicas de la subrasante	%	Valor de Soporte (CBR)	Guía de observación de laboratorio. Formato de evaluación CBR.
			gr/cm ³	Densidad (Proctor Modificado) Humedad	Guía de observación de laboratorio. Formato de evaluación de densidad.

Fuente: Elaboración Proia. 2020

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de Investigación

El método de investigación fue el **científico**, “porque la investigación se apoya en la observación de fenómenos provocados o manipulados en el laboratorio” (Canto. 2010) “y es una situación de control en la que se manipulan de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efecto).” (Hernández, *et al.* 2010).

Con el objetivo de mejorar la subrasante de baja capacidad de soporte con un nuevo método de estabilización, como es la adición de ceniza de gallinaza, se seleccionó los tramos críticos con el método de la observación. Se pudo seleccionar dos tramos como problemática de la investigación, y de uno de los tramos se obtuvo la muestra de suelo para poder obtener información en base a sus características del suelo y ser sometido a evaluaciones in situ como es el análisis de la consistencia del suelo mediante la determinación de la consistencia o adhesividad del suelo mojado, por lo tanto nos facilitará determinar un suelo desfavorable el cual será sometido a ensayos de laboratorio que determinen las propiedades de la subrasante, para ser analizados y ver el

comportamiento ante la adición en diferentes porcentajes de ceniza de gallinaza, para que luego sean evaluado y analizado los resultados obtenidos.

3.2. Tipo de Investigación

El estudio de investigación es de tipo **aplicada**, que según Borja (2016, p. 10), es dar una solución de manera inmediata para poder modificar una realidad problemática.

Esta investigación será aplicada debido a que se realizó los ensayos respectivos para el mejoramiento de suelos de baja capacidad de soporte, ensayadas mediante la adición de ceniza de gallinaza de 2 %, 4 % y 8 % respecto al peso de la muestra de suelo, del mismo modo se realizará una comparación entre los resultados sin y con adición de la muestras ensayadas, esto debido a que se busca una solución para la estabilización de suelos con la intención de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas a nivel de subrasante.

3.3. Nivel de Investigación

El nivel de investigación es de carácter **descriptivo**, puesto a que según Landeau (2007): “busca evaluar diversos aspectos de un universo, con la finalidad de identificar características o establecer propiedades importantes que permitan informar sobre el fenómeno estudiado”.

Se detallaron los efectos de la estabilización mediante la adición de diversos porcentajes de la ceniza de gallinaza para el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de baja capacidad de soporte.

3.4. Diseño de la Investigación

El diseño de investigación es **cuasi experimental**, según Hernández et al. (2010. p. 151), “se da debido a que existe una manipulación de variables para conocer las reacciones entre ellas y poder medir los resultados todo ello con una muestra ya determinada.”

También se puede definir como un proceso en el cual estudiaremos una muestra de un suelo de baja capacidad de soporte a nivel de subrasante de un determinado lugar ya seleccionada por cumplir características necesarias al tema de investigación.

Se define como el resultado de los ensayos obtenidos del laboratorio del suelo de subrasante de estudio del suelo patrón, y adicionado los distintos porcentajes de 2%, 4%, y 8% de la ceniza de gallinaza.

- ❖ DISEÑO CON PREPRUEBA, POSPRUEBA Y GRUPO INTACTOS, UNO DE ELLOS DE CONTROL.

G 01	O1	(X)
G 02	O2	(-)
G 03	O3	(-)

- ❖ **G** = Grupos o Individuos que forman una unidad: CALICATAS (MUESTRAS) 01
- ❖ **O** = Medición de Evaluación antes o después: ENSAYOS DE LABORATORIO
- ❖ **X** = Condiciones Experimental: ADICIÓN DE CENIZA DE GALLINAZA
- ❖ **-** = Sin Estimulo

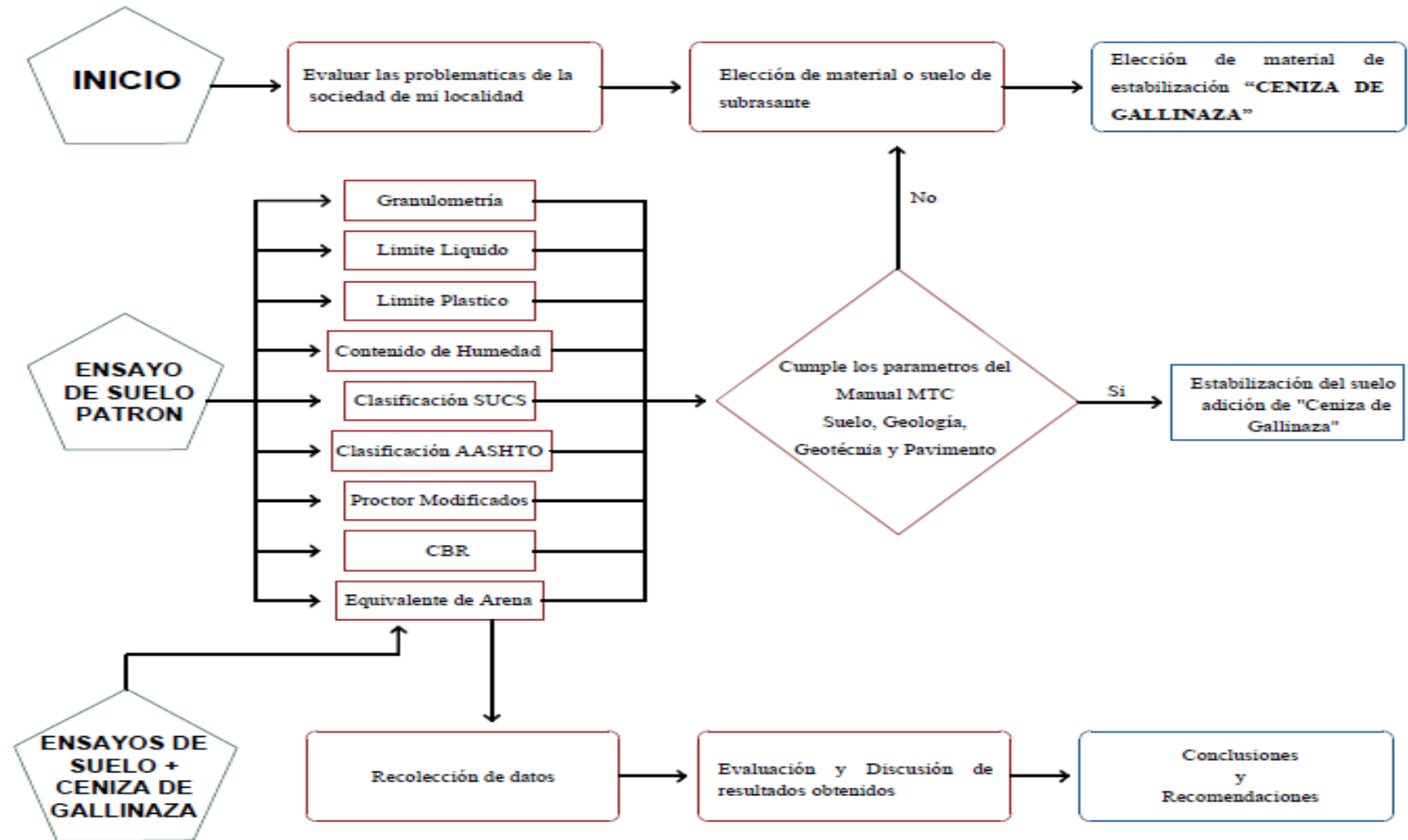


Figura 19: Diseño de Investigación y Exploración.

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.1. PROCESO DE INVESTIGACIÓN

a) Evaluación de la problemática en la sociedad

En este estudio de investigación se evaluó distintos tramos o vías en deterioro del distrito de Perene, de los cuales se optó por realizar el estudio en la Av. La Esperanza, por su pésimo estado de funcionamiento de la vía, observando deflexiones, baches y entre otras patologías que hace reflejar las pésimas condiciones que se encuentra dicha vía.

Por lo cual, se evaluó las propiedades de la subrasante que es el principal causante de las patologías o fallas que se viene observando en la superficie del pavimento.

En las figuras 20 se muestra el estado de deterioro del pavimento.



Figuras 20: Fallas de ahuellamiento y baches

b) Elección del material o suelo de subrasante

Una vez cumplido el inciso a). se procede a extraer el suelo de la subrasante a una profundidad inferior a los 90 centímetros de nivel de vereda terminada. De acuerdo al manual del MTC, nos indica que los suelos extraídos de la subrasante deben ser de 1.50 metros de profundidad; por lo tanto, se determinó hacer el estudio de la subrasante a 90 centímetros de profundidad, porque ya existe un pavimento, y en 60 centímetros de profundidad del pavimento prácticamente ya nos situamos o encontramos la subrasante de dicho pavimento donde se apoya toda la estructura.

En la figura 21, se muestra la profundidad de excavación.



Figura 21: Profundidad de excavación.

Fuente: Elaboración Propia.

c) Elección del material estabilizante “Ceniza de Gallinaza”

Se opta por elegir este material estabilizante porque tendría características de un material puzolana, que es entonces un estabilizador para la subrasante de baja capacidad de soporte. La investigación propuso incorporar los porcentajes de 2.0%, 4.0% y 8.0% del peso del suelo. Buscando así un mejoramiento en sus propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de baja capacidad de soporte.

En la figura 18 se muestra el procedimiento de la obtención de la ceniza de gallinaza y en la figura 22 se muestra el material estabilizante.



Figura 22: Obtención de la ceniza de gallinaza.

Fuente: Elaboración Propia.

d) Ensayos del suelo patrón

En este proceso, se pusieron a prueba el suelo de la subrasante obtenido, para determinar sus propiedades físicas y mecánicas; para ello se encargarán los profesionales especializados en laboratorio de suelos. Los resultados que se generaron del laboratorio en base al suelo subrasante tendrán la certificación de INDECOPI con certificado N°

00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI, lo cual nos garantiza la confiabilidad de dichos resultados emitidos por el laboratorio.


En la figura 23 se muestra los ensayos que se realizaron al suelo patrón y también se muestra la cotización de los ensayos que fueron realizados en todo el proceso de la investigación.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA DISEÑO DE SUELOS
- ENSAYOS EN ABRIGADO PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN RIGIDO
- ENSAYOS CLÁSICOS EN SUELOS Y ASFA
- ENSAYOS SPT, CPT, DPM
- ESTUdios y ENSAYOS IN SITU
- PROPORCIONES Y EXTRACCIÓN COMBUSTIBLES
- ESTILOS INSTRUMENTALES
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS RDM

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00158525 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI




FECHA: 2020-07-14
 N° COTIZACIÓN: 335-2020
 Actualización de la cotización N° 326-2020

PROPUESTA ECONÓMICA

PETICIONARIO: BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
N° CEL/TELF.: 925329991 **CORREO ELECTRÓNICO:**
PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA"
SERVICIO: " TESIS "

ITEM	DESCRIPCIÓN	NORMA	UND	N° DE VECES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
ENSAYOS DE LABORATORIO EN MUESTRA PATRÓN							
1.00	PAQUETE DE ENSAYO DE CBR COMPLETO INCLUYE: - GRANULOMETRÍA - LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLÁSTICO - CONTENIDO DE HUMEDAD - CLASIFICACIÓN SUCS - CLASIFICACIÓN AASHTO - PROCTOR MODIFICADO - CBR	NTP 339.129(A) NTP 339.129(A) NTP 339.129(A) NTP 339.127(A) NTP 339.134(A) NTP 339.135(A) MTC E115(C) MTC E132(C)	UND	1.00	1.00	S/.410.00	S/.410.00
2.00	EQUIVALENTE DE ARENA	NTP 339.148(C)	UND	1.00	1.00	S/.80.00	S/.80.00

Figura 23: Ensayos y Cotización para la muestra patrón.

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Centauro Ingenieros.

e) Cumplimiento de parámetros del MTC

Una vez que fueron realizado los ensayos del inciso d), se evaluaron los resultados y el cumplimiento de los parámetros del manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos del MTC, el cual nos indica que suelos de CBR menor a 6% (suelos pobres e inadecuados) deben ser estabilizado o remplazados como suelo de subrasante.

f) Mejoramiento del suelo incorporando el material estabilizante

Ya obtenido y evaluado los resultados del laboratorio de nuestro material o subrasante patrón (cumplido el inciso “e”), se pone a evaluar, analizar y determinar la influencia de la ceniza de gallinaza en distintos porcentajes para la estabilización de la subrasante de baja capacidad de soporte.

En la figura 24 se muestra el material estabilizante, este material que es la ceniza de gallinaza se incorporaron en distintos porcentajes que sería 2.0%, 4.0% y 8.0% del peso del suelo.



Figura 24: Material estabilizante “Ceniza de Gallinaza”.

Fuente: Elaboración Propia. 2020.

g) Ensayos de suelo incorporado el estabilizante

En esta etapa o proceso se hicieron los ensayos del suelo, adicionando los porcentajes de la ceniza de gallinaza 2.0%, 4.0% y 8.0%, para ser sometidos a ensayos para determinar sus propiedades físicas y mecánicas.

En esta figura 25 se muestra los ensayos que se realizaron más la cotización del laboratorio que nos prestará el servicio.

ENSAYOS DE LABORATORIO ADICIONANDO CENIZAS DE GALLINAZA EN 2%, 4% y 8%.							
1.00	PAQUETE DE ENSAYO DE CBR COMPLETO INCLUYE: - GRANULOMETRIA - LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - CONTENIDO DE HUMEDAD - CLASIFICACIÓN SUCS - CLASIFICACIÓN AASHTO - PROCTOR MODIFICADO - CBR	NTP 339.128(A) NTP 339.129(A) NTP 339.129(A) NTP 339.127(A) NTP 339.134(A) NTP 339.135(A) MTC E115(C) MTC E132(C)	UND	1.00	3.00	S/.410.00	S/1,230.00
2.00	EQUIVALENTE DE ARENA	NTP 339.146(C)	UND	1.00	3.00	S/.80.00	S/.240.00

Figura 25: Ensayos del suelo con incorporación de ceniza de gallinaza.

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos Centauro Ingenieros.

h) Recolección de Resultados

La recolección de datos o resultados, serán emitidos por el laboratorio mediante un certificado de estudio de suelo, el cual fueron evaluados y analizados.

i) Evaluación y Discusión de Resultados

En este proceso se evaluaron los resultados obtenidos con la incorporación de la ceniza de gallinaza; se discutieron y se compararon los resultados de este estudio de investigación con los estudios que se tiene en los antecedentes que también estabilizaron suelos incorporando distintos materiales estabilizantes. Y para finalizar en el capítulo V de la investigación, se muestran las conclusiones afirmando las hipótesis planteados en este estudio de investigación.

3.5. Población y Muestra

❖ Población

La población fueron los suelos de la subrasante de la carretera de la Av. La Esperanza Cuadra 09 de Villa Perene, progresiva 0+250 km. ubicado entre la cuadra 05 y 11 de la Av. La Esperanza del Distrito de Perene, Provincia de Chanchamayo, Departamento de Junín.

❖ Muestras

La muestra fue de tipo no probabilístico – por conveniencia, se usaron este tipo de muestreo porque fue seleccionado directamente e intencionadamente el suelo de subrasante de baja capacidad de soporte, porque cumplen con las características de una subrasante pobre o inadecuada que requiero este estudio de investigación.

Las muestras fueron la **calicata de exploración**; en la Av. La Esperanza Cuadra 09 de Villa Perene en la progresiva 0+250 km y los ensayos de suelo realizado en el proyecto del pavimento. Para verificar la homogeneidad del suelo y cumplir los parámetros del MTC, se usaron ensayos que se realizaron en el expediente técnico del pavimento rígido existente.

El desarrollo del estudio de investigación para determinar el porcentaje de ceniza de gallinaza requerido para estabilizar un suelo de baja capacidad de soporte, se definió 03 cantidades de ceniza de gallinaza de 2.0%, 4.0% y 8.0%.

A la muestra patrón y las muestras adicionadas los porcentajes propuesto en este estudio de investigación se realizaron los ensayos para cada muestra tales como equivalente de arena, contenido de humedad, granulometría, clasificación SUCS y AASHTO, Proctor modificado y CBR.

3.6. Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos

3.6.1. RECOLECCIÓN DE LAS INFORMACIONES

A) EXPLORACIÓN DE CAMPO

Se efectuaron sondeos de campo (calicata) en la Av. La Esperanza cuadra 09 de Villa Perene, progresiva 0+250 km. entre la cuadra 05 y 11.

La información conseguida en campo contribuyo a la realización de los estudios fundamentales para definir la estratigrafía del suelo, además de elaborar la clasificación de suelos por el método SUCS y AASTHO, entre otros ensayos necesarios como límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR. La aplicación de la información señalada en el párrafo anterior, permitirá efectuar el análisis de los datos obtenidos, logrando así cumplir con los objetivos trazados, por lo tanto, se podrá obtener conclusiones y recomendaciones concretas.

Además, se recolectarán datos existentes de estudios similares, así como normas técnicas.

Revisión bibliográfica:

- ✓ Revisión de estudios realizados (tesis e investigaciones científicas).
- ✓ Libros relacionados al tema.
- ✓ Las muestras de suelo serán las que se indican en el MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES del MTC (EDICIÓN mayo de 2016).
- ✓ Norma Técnica Peruana – NTP

Observaciones directas:

- ✓ Tomas fotográficas.
- ✓ Visita in situ.
- ✓ Ensayos de laboratorio de suelos

3.7. Procesamiento de la Información

Una vez extraído la subrasante y trasladado al laboratorio se procedió a comenzar con los ensayos respectivos:

3.7.1. ENSAYOS PRELIMINARES DE LABORATORIO

✓ *CONTENIDO DE HUMEDAD*

La Norma Técnica Peruana (NTP), “establece el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una más dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.”

Referencias normativas

- ❖ Norma Técnica Peruana, NTP 339.127

Equipos y Accesorios

- ❖ “Horno de secado. – Horno de secado termostáticamente controlado, de preferencia uno del tipo tiro forzado, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.
- ❖ Balanzas. – De capacidad conveniente y con las siguientes aproximaciones.
 - De 0.01 gr. para muestras de menos de 200 gr.
 - De 0.1 gr. para muestras de más de 200 gr.
- ❖ Recipiente. - Recipiente apropiados fabricados de material resistente a la corrosión, y al cambio de peso cuando es sometido a enfriamiento o calentamiento continuo, exposición de materiales de pH variable, y a limpieza.

- ❖ Desecador (opcional). Un desecador de tamaño apropiado que contenga silica gel o fosfato de calcio anhidro. Es preferible usar un desecante cuyos cambios de color indiquen la necesidad de su restitución.
- ❖ Utensilios para manipulación de recipientes. – Se requiere el uso de guantes, tenazas o un sujetador apropiado para mover y manipular los recipientes calientes después que se hayan secado.
- ❖ Otros utensilios. – Se requiere el empleo de cuchillos, espátulas, cucharas, lona para cuarteo, divisores de muestras, etc.” (Norma Técnica Peruana, NTP 339.127).
- ❖

Muestras

- ❖ “Las muestras serán preservadas y transportadas de acuerdo a la Norma ASTM 4220, Grupos de suelos B, C ó D. Las muestras que se almacenen antes de ser ensayadas se mantendrán en contenedores herméticos no corroíbles a una temperatura entre aproximadamente 3°C y 30°C y en un área que prevenga el contacto directo con la luz solar. Las muestras alteradas se almacenarán en recipientes de tal manera que se prevenga ó minimice la condensación de humedad en el interior del contenedor.
- ❖ La determinación del contenido de humedad se realizará tan pronto como sea posible después del muestreo, especialmente si se utilizan contenedores corrosibles (tales como tubos de acero de pared delgada, latas de pintura, etc.) ó bolsas plásticas.” (Norma Técnica Peruana. NTP 339.127)

Procedimiento

“Determinar y registrar la masa de un contenedor limpio y seco (y su tapa si es usada).

Seleccionar especímenes de ensayos representativos de acuerdo a la obtención de muestras.

Colocar el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y, si se usa, colocar la tapa asegurada en su posición. Determinar el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza seleccionada de acuerdo al peso del espécimen. Registrar este valor.

Remover la tapa (si se usó) y colocar el contenedor con material húmedo en el horno. Secar el material hasta alcanzar una masa constante. Mantener el secado en el horno a $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ a menos que se especifique otra temperatura. En la mayoría de los casos, el secado de un espécimen de ensayo durante toda la noche (de 12 a 16 horas) es eficiente.

Luego que el material se haya secado a peso constante, se removerá el contenedor del horno (y se le colocará la tapa si se usó). Se permitirá el enfriamiento del material y del contenedor a temperatura ambiente o hasta que el contenedor pueda ser manipulado cómodamente con las manos.” (Norma Técnica Peruana. NTP 339.127)

Ecuaciones

“Se calcula el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$w = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo seco al horno}} \times 100$$

$$w = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Donde:

w : es el contenido de humedad, en porcentaje

M_{cws} : es el peso del contenedor más en suelo húmedo, en gramos

M_{cs} : es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos

M_c : es el peso del contenedor, en gramos

M_w : es el peso del agua, en gramos

M_s : es el peso de las partículas sólidas, en gramos.” (Norma Técnica Peruana. NTP 339.127)

La referencia normativa utilizada fue, NTP 339.127, método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.



Figuras 26: Ensayos de Contenido de Humedad de las Muestras.

✓ ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

El objetivo de la Norma Técnica Peruana es de establecer el método para el análisis granulométrico por tamizado y por sedimentación de los suelos, pudiendo efectuarse en forma en forma combinada con uno de los métodos indicados.

Referencias normativas

NTP 339.128, Método de ensayo para el análisis granulométrico.

Equipos y accesorios:

- ❖ “Balanzas: De sensibilidad de 0.01 gr. para pesar el material que pasa la malla N° 10 (2.0 mm), y una balanza sensible a 0.1% de la masa de la muestra para pesar el material retenido en la malla N° 10.
- ❖ Agitador: Un dispositivo de agitación operado mecánicamente en el cual un motor eléctrico adecuadamente montado hace girar un eje vertical a una velocidad no menor de 10,000 rpm sin cargas.
- ❖ Tamices: Una serie de tamices de malla cuadrada que cumplan con la ASTM E 11. Un juego completo de tamices incluye los siguientes en la tabla 24.
- ❖ Bandeja, cepillos y brochas.” (NTP 339.128)

Tabla 24: Dimensiones de tamices.

TAMICES	Designación ASTM
75.0 mm	(3 pulg)
50.0 mm	(2 pulg)
37.5 mm	(1 1/2 pulg)
25.0 mm	(1 pulg)
19.00 mm	(3/4 pulg)
9.50 mm	(3/8 pulg)
4.75 mm	(N° 4)
2.00 mm	(N° 10)
850 um	(N° 20)
425 um	(N° 40)
250 um	(N° 60)
106 um	(N° 140)
75 um	(N° 200)

Fuente: NTP 339.128.

Muestra

“El suelo tiene que secar al aire libre.

Cuartear el suelo secado al aire libre hasta obtener una muestra representativa.

Se prepara la muestra de ensayo para el análisis mecánico de acuerdo a la NTP 339.090. Durante el procedimiento de preparación se divide la muestra en dos proporciones. Una Porción contiene solo partículas que retiene el tamiz 2.00 mm (N° 10), mientras que la otra porción contiene solo partículas que pasan el tamiz 2.00 mm (N° 10). La masa de suelo seca al aire libre, separada con el propósito de hacer el análisis mecánico, dependerá del tamaño máximo de las partículas y de la masa de la porción retenida sobre el tamiz 2.00 mm (N° 10).

De la porción de suelo que pasa el tamiz 2.00 (N° 10) según se establece en la NTP 339.090, se toman aproximadamente 115 gr. si se trata de suelos arenosos y 65 gr. cuando son suelos limosos o arcillosos.” (NTP 339.128)

Procedimientos

Análisis por tamizado de la porción retenida en el tamiz 2.00 mm (N° 10)

“Se prepara la porción retenida en el tamiz 2.00 mm (N° 10) en una serie de fracciones usando los tamices 75 mm (3 pulg), 50 mm (2 pulg), 37.5 mm (1 ½ pulg), 25 mm (1 pulg), 19 mm (¾ pulg), 9.5 mm (3/8 pulg), 4.75 mm (N° 4), y 2.0 mm (N° 10), o las que necesiten dependiendo de la muestra, o de las especificaciones para el material ensayado.

El tamizado se efectúa con un movimiento lateral y vertical del tamiz acompañando con un golpeteo para mantener la muestra moviéndose continuamente sobre la superficie. En ningún caso se ayudará con la mano a pasar el tamiz.

Se determina la masa de cada fracción con las balanzas indicadas. Al termino de las pesadas, la suma de las masas retenidas sobre la totalidad de los tamices usados y de la porción que pasa el ultimo tamiz debe ser aproximadamente igual a la masa original.” (NTP 339.128)

Ecuaciones

“Según el inciso 13.3 de la NTP 339.128, menciona que para determinar el porcentaje acumulado que pasa por cada tamiz se divide la masa total que pasa el tamiz respectivo, por la masa total de la muestra y el resultado se multiplica por 100.

Se calcula el porcentaje que pasa en cada tamiz, se aplica la siguiente ecuación:

$$\% \text{ pasa} = \frac{\text{Peso que pasa en el tamiz}}{\text{Peso total de la muestra}}$$

Para trazar un gráfico de los resultados de los ensayos, representado los diámetros de las partículas en escala logarítmica en las abscisas y los porcentajes más pequeños que los diámetros correspondientes, en escala aritmética en las ordenadas.” (NTP 339.128)



Figuras 27: Ensayo de Granulometría de las Muestras.

✓ *DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO
E ÍNDICE PLÁSTICO*

“La Norma Técnica Peruana establece los métodos de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de una muestra de suelo.

El límite de Atterberg definió seis “límites de consistencia”. En la ingeniería se usan frecuentemente el **límite líquido** es el contenido de humedad, expresado en porcentaje para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. El **límite plástico** es el contenido de humedad expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados plástico y semisólido. El **índice plástico** se obtiene de la diferencia entre el límite líquido y plástico, indicando la variación de la plasticidad del suelo. Los límites de Atterberg nos permiten clasificar e identificar los suelos.” (NTP 339.128)

Referencias normativas

NTP 339.128. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

Equipos y accesorios

- ❖ Dispositivo de Límite Líquido:

Muestra

Para el límite líquido obtener una muestra seca de 150 a 200 gr. pasante el tamiz No 40 y 25 gr para el límite plástico.

Procedimientos

➤ Determinación del límite líquido

“Colocar el suelo pasante malla No. 40 en una vasija de evaporación y añadir una pequeña cantidad de agua, dejar que la muestra se humedezca.

Mezclar con ayuda de la espátula hasta que el color sea uniforme y conseguir una mezcla homogénea.

Se coloca una pequeña cantidad de masa húmeda en la parte central de la copa y se nivela la superficie, luego se pasa el acanalador por el centro de la copa para cortar en dos la pasta de suelo.

Poner en movimiento la cazuela con ayuda de la manivela y suministrar los golpes a una velocidad de dos golpes por segundo que sean necesarios para cerrar la ranura en 12.7 mm., Cuando se cierre la ranura, registrar la cantidad de golpes y tomar una muestra de la parte central para la determinación del contenido de humedad.

Este proceso se repite nuevamente con tres muestras más para lograr cuatro puntos a diferentes contenidos de humedad.” (NTP 339.128)

➤ Determinación de límite plástico

“El límite plástico es la humedad correspondiente en el cual el suelo se cuarteo y quiebra al formar pequeños rollitos de 3.2 mm de diámetro.

Se trabaja con el material preparado para el límite líquido se toma aproximadamente 20gr.

Se amasa el suelo y se deja que pierda humedad hasta una consistencia a la cuál pueda enrollarse sin que se pegue a las manos esparciéndolo y mezclándolo continuamente sobre

la placa de vidrio, la prueba continúa hasta que el rollito empieza a rajarse y tiende a desmoronarse.

Una vez que se ha producido el límite plástico se debe colocar el rollito en un recipiente de peso conocido y se pesa para determinar el contenido de humedad.” (NTP 339.128).

Ecuaciones

El **índice de plasticidad** del suelo se obtiene de la siguiente diferencia:

$$IP = LL - LP$$

Dónde:

- ❖ IP= índice de plasticidad
- ❖ LL= limite liquido
- ❖ LP= limite plástico



Figuras 28: Ensayo de Limites de Atterberg de las Muestras.

✓ *CLASIFICACIÓN SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS-SUCS*

“Este método de ensayo describe un sistema para la clasificación de suelos minerales y orgánicos minerales con propósito de ingeniería, basado en la determinación en el

laboratorio de las características de granulometría, límite líquido e índice de plástico y deberá ser utilizado cuando se requiera una clasificación precisa.” (NTP 339.127)

Referencias normativas

Normas Técnicas Peruanas

- NTP 339.130 / Método de ensayo para determinar el límite líquido usando el penetrómetro cónico.
- NTP 339.127 / Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

Normas Técnicas de Asociación

- ASTM D422-63 / Método de ensayo para el análisis granulométrico.
- ASTM D653-07 / Símbolos, unidades, terminologías y definiciones.
- ASTM D4318:2005 / Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico y el índice de plasticidad de los suelos.

Equipos y accesorios

“Además de los aparatos que pueden ser requeridos para obtener y preparar las muestras y conducir los ensayos de laboratorio indicados, se hace necesario una carta de plasticidad y una curva de distribución acumulativa del tamaño de las partículas.” (NTP 339.127).

Muestra

“Las muestras deberán ser obtenidas e identificadas de acuerdo con los métodos recomendados en la ASTM D420 o por otros procedimientos aceptados.

Para la identificación precisa, la cantidad mínima de muestra de ensayo requerida para este método dependerá de que ensayos de laboratorio necesitan realizarse. Cuando se requiera en análisis de granulométrico de la muestra, se necesitan los siguientes pasos secos mínimos:

Tabla 25: *Análisis Granulométrico de las Muestras.*

Tamaño Máximo de Partícula, Abertura de tamiz	Tamaño de espécimen Mínimo peso seco
4.75 mm (N°. 4)	100 g
9.5 mm (3/8 pulg)	200 g
19 mm (3/4 pulg)	1 g
38.1 mm (1 1/2 pulg)	8 g
75 mm (3 pulg)	60 g

Fuente: NTP 339.134

Cuando sea posible, las muestras de campo deberán tener de dos a cuatro veces el peso mostrado.

Cuando se requiera también los ensayos de límite líquido y plástico, se deberá tener material adicional suficiente para obtener de 150 g a 200 g de suelo más fino que el tamiz N° 40.

Si la muestra de campo o el espécimen de ensayo es menor que la cantidad mínima recomendada, se deberá incluir el comentario apropiado en el informe.” (NTP 339.127).

Preparación para la Clasificación

- “Clasifique al suelo como suelo de grano fino si el 50 % o más del peso seco del espécimen pasa la malla N° 200.

- Clasifique al suelo como suelo de grano grueso si más del 50 % del peso seco del espécimen es retenido en la malla N° 200.
- Procedimiento para la clasificación de suelos de grano fino (50 % o más del peso seco pasa por la malla N° 200.
- El suelo es una arcilla inorgánica si su posición en la carta de plasticidad, cae en o sobre la línea “A”, el índice plástico es mayor de 4 y la presencia de materia orgánica no influye en la determinación del límite líquido.
- Clasifique al suelo como una arcilla de baja plasticidad; CL, si el límite líquido es menor de 50.
- Clasifique al suelo como una arcilla de alta plasticidad; CH, si el límite líquido es igual o mayor que 50.
- Clasifique el suelo como una arcilla limosa, CL-ML, si su posición en la carta de plasticidad cae en o sobre la línea “A”, y el índice plástico está en el rango de 4 a 7.
- El suelo es un limo inorgánico si su posición en la carta de plasticidad, cae por debajo de la línea “A” o el índice plástico es menor que 4, y la presencia de material orgánica no influye en la determinación del límite líquido.
- Clasifique al suelo como un limo, ML, si el límite líquido es menor que 50 %.
- Clasifique al suelo como un límite elástico, MH, si el límite líquido es igual o mayor que 50 %.
- El suelo es un limo orgánico o una arcilla orgánica si existe presencia de materia orgánica en cantidad suficiente como para influenciar el valor del límite líquido.
- Si el suelo tiene un color oscuro y un olor orgánico cuando este húmedo y caliente, se deberá realizar un segundo ensayo para la determinación del límite líquido en un espécimen que ha sido secado al horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a un peso constante, generalmente de un día para otro.

- El suelo es un limo orgánico o una arcilla orgánica si el límite líquido, después del secado al horno, es menor del 75% del límite líquido del espécimen original determinando antes de dicho secado (Procedimiento B del método ASTM D2217).
- Clasifique al suelo como un limo orgánico o una arcilla orgánica, OL, si el límite líquido (sin secado al horno) es menor del 50 %. Clasifique el suelo como un limo orgánico, OL, si el índice plástico es menor que 4, o su posición en la carta de plasticidad cae por debajo de la línea "A". Clasifique al suelo como una arcilla orgánica, OL, si el índice plástico es mayor o igual a 4 y su posición en la carta de plasticidad cae en o sobre la línea "A". Véase el área identificada como OL (ó CL-ML).
- Clasifique al suelo como una arcilla orgánica o limo orgánico, OH, si el límite líquido (Sin secado al horno) es mayor o igual a 50. Clasifique al suelo como un limo orgánico, OH, si su posición en la carta de plasticidad cae por debajo de la línea "A". Clasifique al suelo como una arcilla orgánica, OH, si su posición en la carta de plasticidad cae en o sobre la línea "A". Véase el área identificada como OH.
- Si menos del 30 % pero el 15% o más del espécimen de ensayo es retenido en la malla N° 200, las palabras "con arena y/o grava" deberán ser añadidas al símbolo. Por ejemplo, arcilla poco plástica con arena, CL; limo con arena y grava, ML.
- Si el 30% o más del espécimen de ensayo es retenido en la malla N° 200, las palabras "arenoso" o "gravoso" deberán ser añadidas al símbolo. Añada la palabra "arenoso" si el 30 % o más del espécimen de ensayo son retenidos en la malla N° 200 y la porción de grano grueso es predominantemente grava. Por ejemplo, arcilla arenosa de baja plasticidad, CL; arcilla gravosa de alta plasticidad, CH; limo arenoso, ML.
- Procedimiento para la clasificación de suelos de grano grueso (más del 50 % es retenido en la malla N° 200.)

- Clasifique al suelo como grava si más de 50 % de la fracción gruesa (mayor que la malla N° 200) es retenida en la malla N° 4.
- Clasifique al suelo como una arena si el 50 % o más de la fracción gruesa (mayor que la malla N° 200) pasa la malla N° 4.
- Si el 12 % ó menos del espécimen de ensayo pasa la malla N° 200 se deberá graficar la curva granulométrica, y calcular el coeficiente de uniformidad, Cu, y el coeficiente de la curvatura, Cc, tal como lo indican las ecuaciones 1 y 2.

$$Cu = D_{60} / D_{10} \quad (1)$$

$$Cc = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60}) \quad (2)$$

Donde:

D_{10} , D_{30} y D_{60} = diámetro de partículas correspondientes al 10%, 30% y 60%, respectivamente, del peso acumulado que pasa en la curva granulométrica.

- Si menos del 5 % del espécimen de ensayo pasa la malla N° 200, clasifique al suelo como una grava bien graduada, GW, o arena bien graduada, SW, si Cu es mayor que 4.0 para grava o mayor que 6.0 para arena, y Cc es mayor o igual que 1 pero no mayor que 3.
- Si menos del 5 % del espécimen de ensayo pasa la malla N° 200, clasifique al suelo como grava pobremente graduada, GP, o arena pobremente graduada, SP, si tanto el Cu como Cc no satisfacen los criterios para suelos bien graduados.
- Si más del 12% del espécimen de ensayo pasa la malla N° 200, el suelo deberá ser considerado como suelo de grano grueso con finos. Los finos son catalogados como arcillosos o limosos en base a su ubicación en la carta de plasticidad.

- Clasifique al suelo como una grava arcillosa, GC, o arena arcillosa, SC, si los finos son arcillosos, esto es, si su posición en la carta de plasticidad, caen en o sobre la línea “A” o el índice plástico es mayor que 7.
- Clasifique el suelo como una grava limosa, GM, o arena limosa, SM, si los finos son lomosos, esto es, si su posición en la carta de plasticidad, cae por debajo de la línea “A”, o el índice plástico es menor que 4.
- Si el grafico de los finos resulta en una arcilla limosa, CL-ML, clasifique al suelo como una grava arcillosa limosa, GC-GM, si este es una grava, o como una arena arcillosa limosa, SC-SM, si este es una arena.
- Si del 5 al 12% del espécimen de ensayo pasa la malla N° 200, asigne al suelo una clasificación dual utilizando dos símbolos de grupo.
- El primer símbolo deberá corresponder a aquel designado para una grava o una arena que se tiene menos del 5% de finos (GW, GP, SW, SP), y el segundo símbolo corresponderá a una grava o una arena que tiene más del 12% de finos (GC, GM, SC, SM).
- El nombre corresponderá al del primer símbolo adicionándole “con arcilla” o “con limo” para indicar las características de plasticidad de los finos. Por ejemplo, grava bien graduada con arcilla, GW-GC; arena pobremente graduada con limo SP-SM.
- Si el espécimen es predominantemente arena o grava, pero contiene 15% o más de otros constituyentes de grano grueso, las palabras “con grava” o “con arena” deberán acompañar al nombre. Por ejemplo, grava pobremente graduada con arena, arena arcillosa con grava.
- Si la muestra de campo contiene bolones o bloques o ambos, las palabras “con bolones” o “con bolones y bloques” deberán acompañar al nombre. Por ejemplo, grava limosa con bolones, GM.” (NTP 339.127).

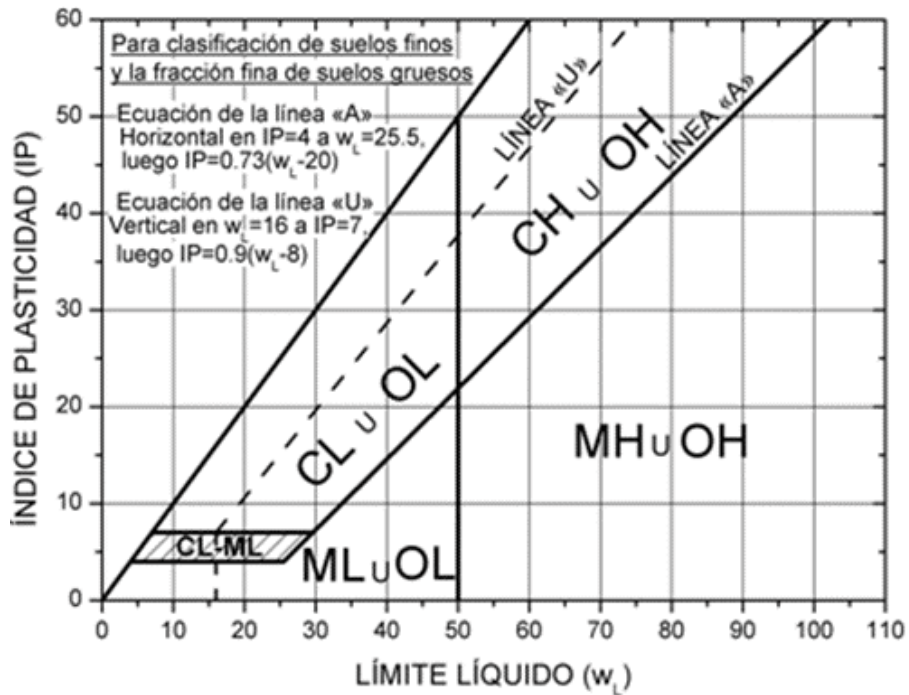


Figura 29: Carta de Plasticidad

Fuente: NTP, 339.134

✓ *CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA USO EN VÍAS DE TRANSPORTE – (CLASIFICACIÓN AASHTO)*

“Esta norma describe un procedimiento para clasificación de suelos minerales y orgánico-minerales en siete grupos, basado en la determinación en el laboratorio de la distribución del tamaño de partículas, el límite líquido y el índice plástico. Puede ser utilizado cuando se requiere una clasificación precisa de ingeniera, especialmente para propósito de construcción de carreteras. La evaluación de los suelos dentro de cada grupo es realizada por medio de un índice de grupo, el cual es un valor calculado usado una formula empírica.” (NTP 339.127).

Referencias normativas

Normas Técnicas Peruanas

- NTP 339.127:1998 – Método para determinar el contenido de humedad de un suelo.
- NTP 339.130: 1998 – Método de ensayo para determinar el límite líquido usando el penetrómetro cónico.
- NTP 339.130: 1998 – Método de ensayo de penetración estándar SPT.

Normas Técnicas Asociación

- ASTM D422 – Método de ensayo para el análisis granulométrico.
- ASTM D4318 – Método de ensayo determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.
- ASTM D653 – Símbolos, unidades, terminologías y definición.
- ASTM D420 – Guide for Investigating and sampling soil and rock.
- ASTM D1452 – Practice for soil investigation and sampling by auger borings.
- ASTM D1587 – Practice for thin-walled tube sampling of soils.

Muestra de Ensayo

“Las muestras de ensayo deberán representar la porción de la muestra de campo más fina que la malla de 3 pulg. Y deberán ser obtenidas como sigue:

- Secar al aire libre la muestra de campo
- Pesar la muestra de campo
- Separar la muestra de campo en dos fracciones a través de la malla de 3 pulg.
- Pesar la fracción retenida en la malla de 3 pulgadas. Calcular el porcentaje de material mayor que 3 pulg. en la muestra de campo, y anotar este porcentaje como información auxiliar.

- Mezclar completamente la fracción que pasa la malla de 3 pulg. y seleccionar la muestra de ensayo.

Preparar la muestra de ensayo de acuerdo con los métodos ASTM D421 ó ASTM D2217. Determinar el porcentaje de la muestra más fina que la malla N° 10.” (NTP 339.127).

Procedimiento de Ensayo

“Determinar el porcentaje de la muestra de ensayo más fino que la malla N° 200, de acuerdo al método NTP 339.132 o al método ASTM D422.

Determinar el límite líquido y el índice plástico de una porción de la muestra de ensayo que pasa la malla N° 40 de acuerdo con el método de ensayo ASTM D4318.” (NTP 339.127).

Procedimiento de Clasificación

“Utilizando la información de los ensayos determinados, clasificar el suelo en el grupo o subgrupo apropiado, o ambos, de acuerdo a la Tabla 07. Utilizar la Figura 30 para clasificar los materiales limo-arcillosos en base a los valores de límite líquido e índice plástico.

Con los datos de los ensayos requeridos disponibles, se procede de izquierda a derecha con la Tabla 07 y se encontrará la clasificación correcta por el proceso de eliminación. El primer grupo de la izquierda en el cual los datos de los ensayos se acomoden, será la clasificación correcta.” (NTP 339.127).

Cálculo de Índice de Grupo

“Las clasificaciones obtenidas de las Tablas N° 07 se puede ser modificadas por la adición de un valor del índice de grupo. Los valores del índice de grupo deberán ser siempre presentados entre paréntesis después del símbolo de grupo como A-2-6(3), A-4(5), A-7-5(17), etc.

Formula empírica:

$$\text{Índice de Grupo (IG)} = (F - 35) [0.2 + 0.005 (LL - 40)] + 0.01 (F - 15) (IP - 10)$$

Donde:

F = Porcentaje que pasa la malla N° 200, expresado como un numero entero (este porcentaje se basa sólo en el material que pasa la malla de 3 pulgadas.

LL = Limite liquido

IP = Índice plástico

Si el índice de grupo calculado es negativo, reportar el índice de grupo como cero (0).

Si el suelo es no plástico y cuando el límite liquido no puede ser determinado, reportar el índice de grupo como cero (0).

Reportar el índice de grupo al número entero más cercano.

El valor del índice de grupo puede ser estimado utilizando la Figura 31, por la determinación del índice de grupo parcial debido al límite líquido y debido al índice plástico, luego se obtiene el total de los dos índices de grupo parcial.

El índice de grupo de los suelos en los subgrupos A-2-6 y A-2-7 deberá ser calculado utilizando solo la porción IP de la fórmula o figura 31.” (NTP 339.127).

Discusión del Índice de Grupo

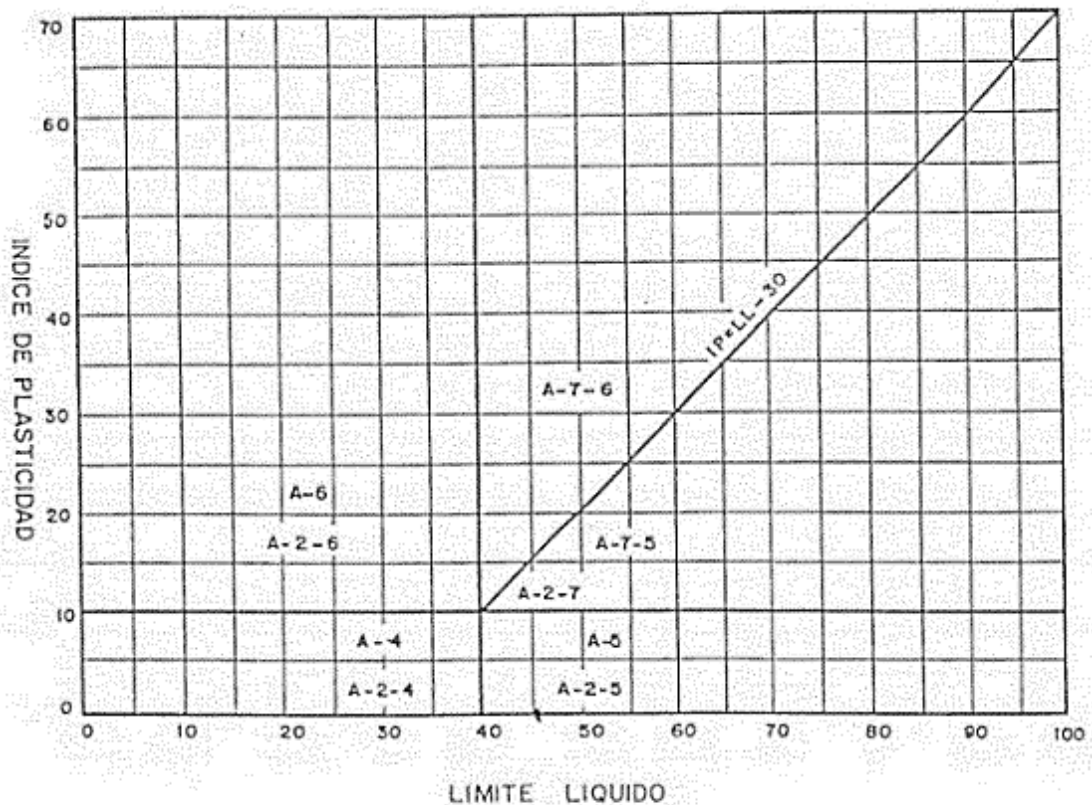
“La fórmula empírica del índice de grupo ideada para realizar una evaluación aproximada de los “materiales granular-arcillosos” y los “materiales limo-arcillosos” está basada en las siguientes suposiciones:

- Los materiales que caen dentro de los grupos A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5 y A-3 son satisfactorios como subrasantes, cuando están apropiadamente drenados y compactados bajo un moderado espesor de pavimento (base o superficie gruesa o ambos) de un tipo adecuado para el tráfico expuesto, o pueden ser hechos satisfactorios por la acción de pequeñas cantidades de matrices naturales o artificiales.
- Los materiales que caen dentro de los grupos “granular -arcillosos” A-2-6 y A-2-7 y los grupos “limo-arcillosos” A-4, A-5, A-6 y A-7 fluctuarán en calidad como subrasante, de aproximadamente equivalente de las buenas A-2-4 y A-2-5, a regulares y pobres subrasantes requerido una capa de material de sub-base o un espesor mayor de base gruesa, para proporcionar un adecuado soporte para las cargas del tráfico.
- Un mínimo de material de 35% que pasa la malla N° 200 se asume que es crítico si la plasticidad es omitida, pero la cantidad mínima crítica es solo 15%, cuando es afectada por índices plásticos mayores que 10.
- Los límites líquidos de 40 y mayores son asumidos a ser críticos.

- Los índices plásticos de 10 y mayores son asumidos a ser críticos.

No hay valor límite superior de índice de grupo obtenido por uso de la fórmula. Los valores críticos adoptados de porcentaje que pasa la malla N° 200, límite líquido e índice plástico, están basados en una evaluación de la subrasante, sub-base y material de base-gruesa por varias organizaciones viales que utilizan los ensayos involucrados en este sistema de clasificación.

Bajo condiciones promedio de un buen drenaje y adecuada compactación, el valor de soporte de un material como subrasante puede ser asumido como una relación inversa a su índice de grupo; esto es, un índice de grupo de cero (0) indica un “buen material de subrasante y un índice de grupo de 20 ó mayor, indica un “muy pobre” material de subrasante.” (NTP 339.127).



NOTA- Los suelos A-2 contienen menos del 35% más fino que la malla N° 200.

Figura 30: Rango de limite liquido e índice de plasticidad para materiales Limo-Arcilloso.

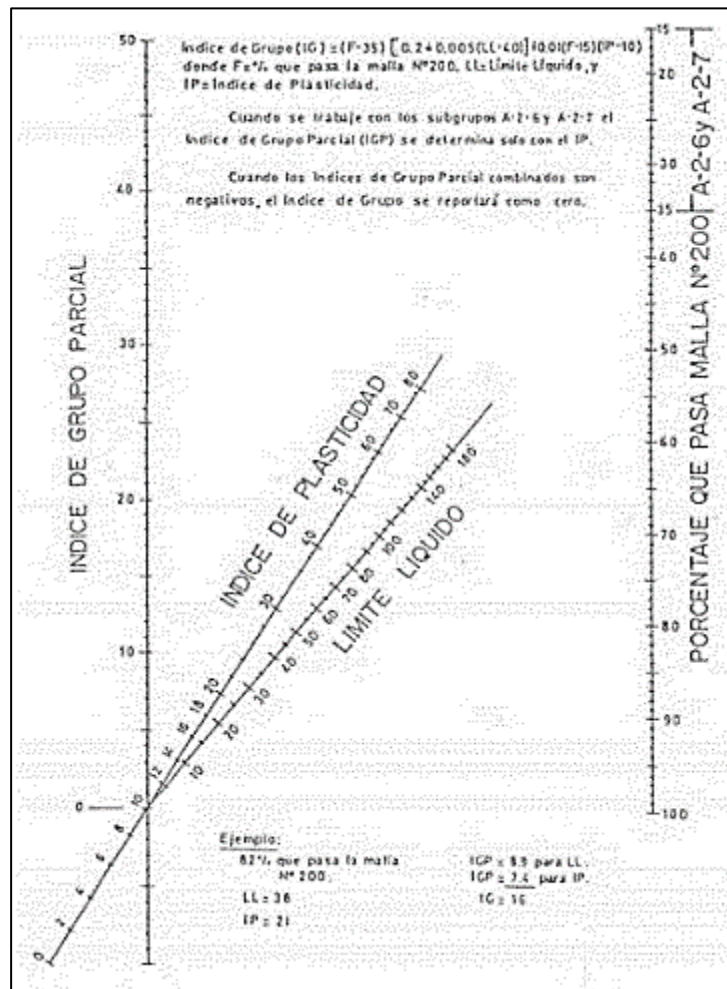


Figura 31: Carta de Índice de Grupo

✓ *ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA*

“Este método de ensayo se propone servir como una prueba de correlación rápida de campo. El propósito de este método es indicar, bajo condiciones estándar, las proporciones relativas de suelos arcillosos o finos plásticos y polvo en suelos granulares y agregados finos que pasan por el tamiz No 4 (4,75 mm). El término “equivalente de

arena”, expresa el concepto de que la mayor parte de los suelos granulares y agregados finos son mezclas de partículas gruesas deseables, arena y generalmente arcillas o finos plásticos y polvo, indeseables.”

Referencias normativas

Normas Técnicas Nacionales

- NTP 339.089: 1998 (SUELOS. Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo))

Normas Técnicas de Asociación

- ASTM C 125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates.
- ASTM C 670 Practice for Preparing Precisión and Bias Stantements for Test Methods for Construcción Marterials
- ASTM D 75 Practice for Sampling Aggregates
- ASTM E 11 Specification for Wire-Cloth Sieves for Testing Purposes
- AASHTO T 176 Standard Method of Test for Plastic Fines in Graded Aggregates and Soils by Use of Sand Equivalent Test

Equipos y accesorios

- ❖ “Un cilindro graduado, transparente de plástico acrílico, tapón de jebe, tubo irrigador, dispositivo de pesado de pie y ensamblaje de sifón, conformantes de las especificaciones respectivas.
- ❖ Latas de medición: Una lata cilíndrica de aproximadamente 57 mm (2 ¼ pulg.) de diámetro, con una capacidad de 85 ml ± 5 ml.
- ❖ Tamiz No 4 (4,75 mm).

- ❖ Embudo, de boca ancha, para transferir los especímenes de ensayos dentro del cilindro graduado.
- ❖ Botellas, dos de 3,8 lt. (1,0 gal) para almacenar el stock de la solución y la solución de trabajo.
- ❖ Platillo plano, para mezclar.
- ❖ Reloj, con lecturas en minutos y segundos.
- ❖ Agitador mecánico.
- ❖ Horno de suficiente tamaño y capaz de mantener una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($230\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 9\text{ }^{\circ}\text{F}$).
- ❖ Papel Filtro, Watman No. 2V o equivalente.”

Muestra

“Muestrear el material a ser ensayado en concordancia con ASTM D 75.

Mezclar completamente la muestra y reducirla si es necesario, usando los procedimientos aplicables en NTP 339.089

Obtener como mínimo 1500 g. de material pasante el tamiz No. 4.

Preparar especímenes de ensayos del material pasante la porción del tamiz No 4 de la muestra.”

Preparación de Muestra

Preparación de la muestra de ensayo, procedimiento B:

- “Mantenido una condición de flujo libre, vaciar la cantidad suficiente de material para prevenir la agregación o pérdida de finos.
- Cuartear de 1000 g. a 5000 g. del material. Mezclar completamente con un cucharón de mano en un recipiente circular hacia el medio del recipiente, rotando a este

horizontalmente. El mezclado o remezclado deberá ser continuado por lo menos 1 min. para alcanzar uniformidad. Verificar que el material tenga la condición de humedad necesaria, apretando una pequeña porción de la muestra completamente mezclada en la palma de la mano. Si se forma un molde que permite su manipuleo cuidadoso sin romperse, entonces se desmenuzará y será necesario añadirle agua, remover y reensayar hasta que el material forme un molde.

- Después del tiempo mínimo de curado, remezclar por 1 min. sin agua. Cuando este enteramente mezclado, formar el material en un cono con una trulla
- Tomar el alta de medida en una mano y presionarla directamente en la base de la pila mientras mantiene la mano libre firmemente contra el lado opuesto de la pila.
- Cuando la lata atraviesa la pila y emerge, hacer suficiente presión con la no para que el material llene la lata. Presiones firmemente con la palma de la no compactando el material hasta que consolide en la lata. El material en exceso deberá ser nivelado en la parte superior de la lata, moviendo el filo de la llana en un movimiento de aserrado a lo largo del borde.”

Procedimiento

- “Sifonear $102\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$ (4 pulg. ± 0.1 pulg.).
- Verter uno de los especímenes de ensayo en el cilindro de plástico usando el embudo para evitar derramarlo.
- Golpear ligeramente el fondo del cilindro sobre la palma de la mano varias veces para liberar las burbujas de aire y para conseguir el humedecimiento total del espécimen.
- Mantener el espécimen humedecido y al cilindro indisturbados por $10\text{ min.} \pm 1\text{ min.}$

- Al final de los 10 min. del periodo de humedecimiento, para el cilindro, y aflojar luego al material del fondo invirtiendo parcialmente el cilindro y agitándolo simultáneamente.
- Después de aflojar el material del fondo del cilindro, agitar el cilindro y su contenido por uno de los siguientes tres métodos:
 - Método del agitador mecánico: Colocar el cilindro en el agitador mecánico del equivalente de arena, registrar el tiempo, y permitir que la maquina agite el cilindro y su contenido por 45 s. \pm 1 s.
 - Método manual:
 - a. Sostenga el cilindro en una posición horizontal y agítalo vigorosamente en un movimiento horizontal de extremo a extremo.
 - b. Agite el cilindro 90 ciclos en aproximadamente 30 s. usando un recorrido de 23 cm \pm 3 cm (9 pulg. \pm 1 pulg.). Un cilindro se define como un movimiento completo de ida y vuelta.
 - c. Siguiendo con la operación de agitación, colocar el cilindro sobre la parte superior de la mesa de trabajo y remover el tapón de jebe.
 - d. Procedimiento de irrigación:
 - Mantenga el cilindro vertical y la base en contacto con la superficie de trabajo. Insertar el tubo irrigador en la parte superior del cilindro, remover los sujetadores de la manguera, y enjuague en material de las paredes del cilindro, aplicando una acción suave de punzonamiento y giro mientras la solución de trabajo fluye del irrigador. Esto hace que el material fino entre en suspensión sobre las partículas de arena más gruesas.

- Continúe aplicando la acción de punzonamiento y giro mientras los finos continúan fluyendo hacia arriba hasta que el cilindro es relleno en la gradación de 38 cm (15 pul.). Luego enjuague lentamente el tubo irrigador, sin derramar el líquido, de tal manera que el nivel de líquido sea mantenido a alrededor de la gradación de 38 cm (15 pulg) mientras el tubo irrigador está siendo retenido. Regular el flujo justo antes de que el tubo irrigador sea completamente retirado y ajuste el nivel final a la gradación de 38 cm (15 pulg.)
- e. Mantenga el cilindro y su contenido indisturbados por 20 min. \pm 15 s. Comience a tomar el tiempo inmediatamente después de retirar el tubo irrigador.
- f. Al final de los 20 min. el periodo de sedimentación, leer y registrar el nivel de la parte superior de la suspensión de arcilla. Esto se refiere a la sedimentación de 20 min, deje que la muestra permanezca indisturbada hasta que se pueda obtener una lectura de arcilla; luego lea inmediatamente y registre el nivel de la parte superior de la suspensión de arcilla y el tiempo total de sedimentación. Si el tiempo total de sedimentación excede de 30 min. vuelva a correr el ensayo usando tres especímenes individuales del mismo material. Registre la altura de la columna de arcilla para la muestra que requiera el más corto periodo de sedimentación como la lectura de arcilla.
- g. Determinación de la lectura de arcilla:
 - Después que se ha tomado la lectura de arcilla, coloque el dispositivo de pesado de pie sobre el cilindro y baje lentamente el dispositivo, hasta que descansa sobre la arena. No permita que el indicador toque el

interior del cilindro. Reste 25.4 cm (10 pulg.) del nivel indicado por el borde superior extremo del indicador y registre este valor como la “lectura de arena”.

- Cuando esté tomando la lectura de arena, tenga cuidado de no presionar hacia abajo sobre el dispositivo de pesaje de pie, ya que podría tener un error de lectura.
- h. Si las lecturas de arcilla o arena caen entre gradaciones de 2.5 mm (0.1 pulg.), registrar el nivel de la gradación más alta.”

Cálculos

“Calcular el equivalente de arena al más cercano 0.1 % como sigue:

$$SE = (\text{Lectura de arena} / \text{lectura de arcilla}) * 100$$

Donde:

- SE: Arena Equivalente

Si el equivalente de arena calculado no es un número entero, reportarlo como el siguiente número entero más alto. Por ejemplo, si el nivel de arcilla fue 8.0 y el nivel de arena fue 3.3; el equivalente de arena calculado será:

$$(3.3/8.0) * 100 = 41.2$$

Como este equivalente de arena calculado no es un número entero, deberá reportarse como el siguiente número entero que es 42.

Si se desea promediar una serie de valores de equivalente de arena, promediar los valores de números enteros. Si el promedio de esos valores no es un número entero, elevarlo al siguiente número entero más alto.”



Figura 32: Ensayo de equivalente de arena de las muestras.

✓ *ENSAYO PROCTOR MODIFICADO*

“El objetivo de la prueba es determinar el contenido de humedad para el cual el suelo alcanza su máxima densidad seca.

Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada ($2,700 \text{ KN}\cdot\text{m}/\text{m}^3$ ($56,000 \text{ pie}\cdot\text{lbf}/\text{pie}^3$)).

Se tiene que desarrollar un método de ensayo para determinar la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco compactado con una energía de compactación determinada.” (NTP 339.141).

Según la gradación de las partículas se aplica uno de los métodos que se detallan en la tabla 26.

Tabla 26: Métodos de Compactación (Proctor modificado)

	METODO "A"	METODO "B"	METODO "C"
Modelo	4" de diámetro (101.6mm)	4" de diámetro (101.6mm)	4" de diámetro (152.4mm)
Material	Se emplea el que pasa por el tamiz N°4.	Se emplea el que pasa por el tamiz de 3/8"	Se emplea el que pasa por el tamiz N° 3/4°
Capas	5	5	5
Golpes por capa	25	25	56
Uso	Cuando el 20% menos del peso del material es retenido en el tamiz N° 4	Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz N° 3/8"	Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 3/8" y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz N° 3/4°
Otros Usos	Se el método no es específico; los materiales que cumplen estos requerimientos de gradación usando Metodo B o C	Si el método no es específico, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.	El mode de 6 pulgadas de diámetro no será usado con los métodos A o B.

Fuente: BAÑON, Bevía.

Referencias normativas

- ❖ ASTM D-1557, Standard Test Methods For Laboratory Compaction Characteristics Of Soil Using Modified Effort (2700 kN-m/m³)
- ❖ NTP 339.141, Suelos. Método de ensayos para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada ((2,700 Kn-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³)).

Equipos y Accesorios

- “Ensamblaje del Molde. - Los moldes deben de ser cilíndricos hechos de materiales rígidos y con capacidad. Las paredes del molde deberán ser sólidas, partidas o ahusadas.
- Molde de 4 o 6 pulgadas con una altura de 4,584 pulg (116,4 mm) y un volumen de 0,0333 pie³ (944 cm³) y 0,075 pie³ (2124 cm³) respectivamente; un plato base y un collar de extensión de 2".

- Pisón o Martillo, el pisón debe caer libremente a una altura de 18 pulg Balanza, con una aproximación de 1 gramo.
- Horno de Secado, capaz de mantener una temperatura uniforme de $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ($110 \pm 5^{\circ}\text{C}$).
- Regla metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 10 pulgadas.
- Tamices de $\frac{3}{4}$ " (19,0 mm), $\frac{3}{8}$ " (9,5 mm) y N° 4 (4,75mm).
- Diversas herramientas tales como cucharas, mezclador, pipeta, probetas, fuente para la mezcla completo de muestra de suelo con incrementos de agua.” (NTP 339.141).

Muestra

“La masa de la muestra requerida para el Método A y B es aproximadamente 16 kg (35 lbm) y para el Método C es aproximadamente 29 kg (65 lbm) de suelo seco. Debido a esto, la muestra de campo debe tener un peso húmedo de al menos 23 kg (50 lbm) y 45 kg (100 lbm) respectivamente.

Determinar el porcentaje de material retenido en la malla 4,75mm (N° 4), 9,5mm ($\frac{3}{8}$ pulg) ó 19.0mm ($\frac{3}{4}$ pulg) para escoger el Método A, B ó C. Realizar esta determinación separando una porción representativa de la muestra total y establecer los porcentajes que pasan las mallas de interés mediante el Método de Análisis por tamizado de Agregado Grueso y Fino (NTP 339.128 ó ASTM C 136). Sólo es necesario para calcular los porcentajes para un tamiz ó tamices de las cuales la información que se desea.” (NTP 339.141).

Procedimientos

METODO DE PREPARACIÓN EN SECO

“Si la muestra está demasiado húmeda, reducir el contenido de agua por secado al aire hasta que el material sea friable. El secado puede ser al aire o por el uso de un aparato de

secado tal que la temperatura de la muestra no exceda de 60 °C. Disgregar por completo los grumos de tal forma de evitar quebrar las partículas individuales. Pasar el material por el tamiz apropiado: 4,75 mm (N°4); 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg) ó 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg). Durante la preparación del material granular que pasa la malla $\frac{3}{4}$ pulg para la compactación en el molde de 6 pulgadas, disgregar o separar los agregados lo suficientemente para que pasen el tamiz 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg) de manera de facilitar la distribución de agua a través del suelo en el mezclado posterior.

Preparar mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes.

Usar aproximadamente 2,3 kg (5 lbm) del suelo tamizado para cada espécimen a ser compactado cuando se emplee el Método A, B ó 5,9 kg (13 libras) cuando se emplee el Método C. Añadir las cantidades requeridas de agua para que los contenidos de agua de los especímenes. Seguir la preparación del espécimen por el procedimiento especificado en este ensayo para los suelos secos ó adicionar agua en el suelo y el curado de cada espécimen de prueba.

Compactación. - Después del curado, si se requiere, cada espécimen se compactará de la siguiente manera:

Ensamble y asegure el molde y el collar al plato base. El molde se apoyará sobre un cimiento uniforme y rígido, como la proporcionada por un cilindro o cubo de concreto con una masa no menor de 91 kg (200 lbm). Asegurar el plato base a un cimiento rígido. El método de unión al cimiento rígido deberá permitir un desmolde fácil del molde ensamblado, el collar y el plato base después que se concluya la compactación.

Compactar el espécimen en cinco capas. Después de la compactación, cada capa deberá tener aproximadamente el mismo espesor. Antes de la compactación, colocar el suelo suelto dentro del molde y extenderlo en una capa de espesor uniforme. Suavemente apisonar el suelo antes de la compactación hasta que este no esté en estado suelto o esponjoso, usando el pisón manual de compactación o un cilindro de 5 mm (2 pulg) de diámetro. Posteriormente a la compactación de cada uno de las cuatro primeras capas, cualquier suelo adyacente a las paredes del molde que no han sido compactado o extendido cerca de la superficie compactada será recortada. El suelo recortado puede ser incluido con el suelo adicional para la próxima capa. Un cuchillo u otro aparato disponible puede ser usado. La cantidad total de suelo usado será tal que la quinta capa compactada se extenderá ligeramente dentro del collar, pero no excederá 6 mm (1/4 pulg) de la parte superior del molde. Si la quinta capa se extiende en más de 6 mm (1/4 pulg) de la parte superior del molde, el espécimen será descartado. El espécimen será descartado cuando el último golpe del pisón para la quinta capa resulta por debajo de la parte superior del molde de compactación.

Compactar cada capa con 25 golpes para el molde de 101,6 mm (4 pulg) ó 56 golpes para el molde de 152,4 mm (6 pulgadas).

Al operar el pisón manual del pisón, se debe tener cuidado de evitar la elevación de la guía mientras el pisón sube. Mantener la guía firmemente y dentro de 5° de la vertical. Aplicar los golpes en una relación uniforme de aproximadamente 25 golpes/minuto y de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen.

Después de la compactación de la última capa, remover el collar y plato base del molde, excepto como se especifica en 6.2.4.7 de este ensayo. El cuchillo debe usarse para ajustar

o arreglar el suelo adyacente al collar, soltando el suelo del collar y removiendo sin permitir el desgarro del suelo bajo la parte superior del molde.

Cuidadosamente enrasar el espécimen compactado, por medio de una regla recta a través de la parte superior e inferior del molde para formar una superficie plana en la parte superior e inferior del molde. Un corte inicial en el espécimen en la parte superior del molde con un cuchillo puede prevenir la caída del suelo por debajo de la parte superior del molde. Rellenar cualquier hoyo de la superficie, con suelo no usado o cortado del espécimen, presionar con los dedos y vuelva a raspar con la regla recta a través de la parte superior e inferior del molde. Repetir las operaciones anteriores en la parte inferior del espécimen cuando se halla determinado el volumen del molde sin el plato base. Para suelos muy húmedos o muy secos, se perderá suelo o agua si el plato base se remueve. Para estas situaciones, dejar el plato base fijo al molde. Cuando se deja unido el plato base, el volumen del molde deberá calibrarse con el plato base unido al molde o a un plato de plástico o de vidrio.

Determine y registre la masa del espécimen y molde con aproximación al gramo. Cuando se deja unido el plato base al molde, determine y anote la masa del espécimen, molde y plato de base con aproximación al gramo.

Remueva el material del molde. Obtener un espécimen para determinar el contenido de agua utilizando todo el espécimen (se refiere este método) o una porción representativa. Cuando se utiliza todo el espécimen, quíbrelo para facilitar el secado. De otra manera se puede obtener una porción cortando axialmente por el centro del espécimen compactado

y removiendo 500 g del material de los lados cortados. Obtener el contenido de humedad de acuerdo al Método ensayo NTP 339.127.” (NTP 339.141).

Ecuaciones

“Una vez determinados el contenido de humedad de cada muestra hallar la densidad seca de cada punto con la siguiente expresión:

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V} \quad (1)$$

Dónde:

- ❖ ρ_m = Densidad Húmeda del espécimen compactado (Mg/m³)
- ❖ M_t = Masa del Espécimen Húmedo y molde (kg)
- ❖ M_{md} = Masa del molde de compactación (kg)
- ❖ V = Volumen del molde de compactación (m³)

$$\rho_d = \frac{P_m}{1 + \frac{w}{100}} \quad (2)$$

Dónde:

- ❖ ρ_d = Densidad Seca del espécimen compactado (Mg/m³)
- ❖ w = Contenido de Humedad (%)

$$\gamma_d = 62,43 \rho_d \text{ en } \text{ lbf/pie}^3 \quad (3)$$

$$\gamma_d = 9,807 \rho_d \text{ en } \text{ kN/m}^3$$

Dónde:

- ❖ γ_d = Peso Unitario Seca del espécimen compactado.

En el cálculo de los puntos para el ploteo de la curva de 100% de saturación o curva de relación de vacíos cero del peso unitario seco, seleccione los valores correspondientes de contenido de agua a la condición de 100% de saturación como sigue:

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100 \quad (4)$$

Dónde:

- ❖ W_{sat} = Contenido de agua para una saturación completa (%).
- ❖ γ_w = Peso unitario del agua 9,807kN/m³ ó (62,43 lbf/ pie³).
- ❖ γ_d = Peso Unitario Seca del suelo.
- ❖ G_s = Gravedad específica del suelo.” (NTP 339.141).



Figuras 33: Ensayo del Proctor Modificado de las Muestras (adicionado la ceniza de gallinaza y homogenización).



Figuras 34: Ensayo del Proctor Modificado de las Muestras.

✓ ENSAYO CBR

“El objetivo de este ensayo es la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.

La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables.” (MTC. E 132).

Referencias normativas

- ❖ ASTM D-1883: Standard Test Method for CBR.

Equipos y Materiales

- ❖ “Prensa de compresión, la capacidad de la prensa y su sistema para la medida de carga debe ser de 44.5 kN (10000 lbf) o más y la precisión mínima en la medida debe ser de 44 N (10 lbf) o menos.
- ❖ Molde de metal cilíndrico de 152,4mm de diámetro interior y de 177,8 mm de altura, un collar de metal de 50.8 mm de altura y una placa de base perforada.
- ❖ Disco espaciador de metal, de forma circular, de 150.8 mm de diámetro exterior y de 61,37 mm de espesor, para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.
- ❖ Pisón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo Proctor Modificado.
- ❖ Aparato medidor de expansión compuesto por: Una placa de metal perforada, por cada molde, de 149.2 mm de diámetro, estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tomillo que permita regular su altura. Un trípode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde, que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de éste y medir la expansión, con aproximación de 0.025 mm (0.001”).
- ❖ Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de 4,54 kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de 2,27 kg.
- ❖ Pistón de penetración metálico de sección transversal circular, de 49.63 mm de diámetro.

- ❖ Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0.025 mm (0.001 ").
- ❖ Tanque para la inmersión de los moldes.
- ❖ Horno de secado
- ❖ Misceláneos, Tamices, papel filtro, espátulas, enrasador, pipeta.” (MTC. E 133).

Muestra

“La muestra deberá ser preparada y los especímenes para la compactación deberán prepararse de acuerdo con los procedimientos dados en los métodos de prueba NTP 339.141 ó NTP 339.142 para la compactación de un molde de 152,4mm (6”)

Se prepara la muestra necesaria. Previamente se debe haber efectuado el ensayo Proctor modificado, se calcula una cantidad suficiente para moldear tres muestras.” (MTC. E 133).

Procedimientos

Fase de la compactación:

“Se toma 5 kg de suelo por cada molde CBR.

Se determina la humedad óptima y la densidad máxima por medio del ensayo de Proctor.

Se determina la humedad natural del suelo mediante secado en estufa, según la norma MTC E 108. Conocida la humedad natural del suelo, se le añade la cantidad de agua que le falte para alcanzar la humedad fijada para el ensayo.

Se pesa el molde con su base, se coloca el collar y el disco espaciador y, sobre éste, un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro.

Una vez preparado el molde, se compacta el espécimen utilizando en cada molde la proporción de agua y la energía necesarias para que el suelo quede con la humedad y densidad deseadas.

La prueba se efectúa dando 56, 25 y 10 golpes por capa y con contenido de agua correspondiente a la óptima.

Para suelos cohesivos interesa mostrar su comportamiento sobre un intervalo amplio de humedades. Las curvas se desarrollan para 56, 25 y 10 golpes por capa, con diferentes humedades, con el fin de obtener una familia de curvas que muestran la relación entre el peso específico, humedad y relación de capacidad de soporte.

Si el espécimen se va a sumergir, se toma una porción de material, entre 100 y 500g (según sea fino o tenga grava) antes de la compactación y otra al final, se mezclan y se determina la humedad del Suelo. Si la muestra no va a ser sumergida, la porción de material para determinar la humedad se toma del centro de la probeta resultante de compactar el suelo en el molde, después del ensayo de penetración. Para ello el espécimen se saca del molde y se rompe por la mitad.

Terminada la compactación, se quita el collar y se enrasa el espécimen por medio de un enrasador. Se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido, sin disco espaciador, colocando un papel filtro entre el molde y la base.” (MTC. E 133).

Inmersión:

“En el molde invertido se coloca la placa perforada con vástago y sobre ésta, los anillos necesarios para completar una sobrecarga. En ningún caso, la sobrecarga total será menor de 4,54 kg (10 lb).

Se toma la primera lectura para medir el hinchamiento colocando el trípode de medida con sus patas sobre los bordes del molde. A continuación, se sumerge el molde en el tanque con la sobrecarga colocada dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra. Se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días).

Al final del período de inmersión, se vuelve a leer el deformímetro para medir el hinchamiento.

Después del periodo de inmersión se saca el molde del tanque y se vierte el agua retenida en la parte superior del mismo, sosteniendo firmemente la placa y sobrecarga en su posición. Se deja escurrir el molde durante 15 minutos en su posición normal y a continuación se retira la sobrecarga y la placa perforada. Inmediatamente se pesa.” (MTC. E 133).

Penetración

“Se aplica una sobrecarga que sea suficiente, para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con ± 2.27 kg de aproximación) pero no menor de 4.54 kg (10 lb).

Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50N (5 kg) para que el pistón asiente.

Seguidamente se sitúan en cero las agujas de los diales medidores, el del anillo dinamométrico, u otro dispositivo para medir la carga, y el de control de la penetración.

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración con una velocidad de penetración uniforme de 1.27 mm (0.05") por minuto (con la ayuda de un deformímetro de penetración y un cronómetro). Se anotan las lecturas de la carga para las siguientes penetraciones:

Tabla 27: *Penetración a considerar en el ensayo*

Penetración	
Milímetros	Pulgadas
0.63	0.025
1.27	0.050
1.90	0.075
2.54	0.100
3.17	0.125
3.81	0.150
5.08	0.200
7.62	0.300
10.16	0.400
12.70	0.500

Fuente: MTC E132

Estas lecturas se hacen si se desea definir la forma de la curva, pero no son indispensables. Finalmente, se desmonta el molde y se toma de su parte superior, en la zona próxima a donde se hizo la penetración, una muestra para determinar su humedad.” (MTC. E 133).

Agua absorbida

“El cálculo para el agua absorbida puede efectuarse de dos maneras. Una, a partir de los datos de las humedades antes de la inmersión y después de ésta; la diferencia entre ambas se toma normalmente como tanto por ciento de agua absorbida. Otra, utilizando la humedad de la muestra total contenida en el molde. Se calcula a partir del peso seco de la muestra (calculado) y el peso húmedo antes y después de la inmersión.

Ambos resultados coincidirán o no, según que la naturaleza del suelo permita la absorción uniforme del agua (suelos granulares), o no (suelos plásticos). En este segundo caso debe calcularse el agua absorbida por los dos procedimientos.” (MTC. E 133).

Expansión

“La expansión se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión. Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde, que es de 127 mm (5”).” (MTC. E 133).

Cálculos

“Humedad de compactación. El tanto por ciento de agua que hay que añadir al suelo con su humedad natural para que alcance la humedad prefijada, se calcula como sigue:

$$\%de\ agua\ a\ añadir = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$$

Donde:

H = Humedad prefijada

h = Humedad Natural

Densidad o peso unitario. La densidad se calcula a partir del peso del suelo antes de sumergirlo y de su humedad, de la misma forma que en los métodos de ensayo citados. Proctor normal o modificado, para obtener la densidad máxima y la humedad óptima.

Agua absorbida. El cálculo para el agua absorbida puede efectuarse de dos maneras. Una, a partir de los datos de las humedades antes de la inmersión y después de ésta; la diferencia entre ambas se toma normalmente como tanto por ciento de agua absorbida. Otra, utilizando la humedad de la muestra total contenida en el molde. Se calcula a partir del peso seco de la muestra (calculado) y el peso húmedo antes y después de la inmersión.

Ambos resultados coincidirán o no, según que la naturaleza del suelo permita la absorción uniforme del agua (suelos granulares), o no (suelos plásticos). En este segundo caso debe calcularse el agua absorbida por los dos procedimientos.

Presión de penetración. Se calcula la presión aplicada por el penetrómetro y se dibuja la curva para obtener las presiones reales de penetración a partir de los datos de prueba; el punto cero de la curva se ajusta para corregir las irregularidades de la superficie, que afectan la forma inicial de la curva.” (MTC. E 133).

“Expansión. La expansión se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión, numeral 6.3. Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde, que es de 127 mm (5”).

Es decir:

La expansión se calcula con la siguiente expresión:

$$\%Expansion = \frac{L2 - L1}{127}$$

Dónde:

- ❖ L 1 =Lectura inicial en mm.
- ❖ L2 = Lectura final en mm.

Valor de la relación de soporte (índice resistente CBR). Se llama valor de la relación de soporte (índice CBR), al tanto por ciento de la presión ejercida por el pistón sobre el suelo, para una penetración determinada, en relación con la presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón. Las características de la muestra patrón son las siguientes:

Tabla 28: *Presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón.*

Penetración		Presión		
Milímetro	Pulgada	MN/m ²	kgf/cm ²	lb/plg ²
2.54	0.10	6.90	70.31	1.00
5.08	0.20	10.35	105.46	1.50

Fuente: MTC E132

Se dibuja una curva que relacione las presiones (ordenadas) y las penetraciones (abscisas), y se observa si esta curva presenta un punto de inflexión. Si no presenta punto de inflexión se toman los valores correspondientes a 2,54 y 5,08 mm (0,1" y 0,2") de penetración. Si la curva presenta un punto de inflexión, la tangente en ese punto cortará el eje de abscisas en otro punto (o corregido), que se toma como nuevo origen para la determinación de las presiones correspondientes a 2,54 y 5,08 mm.

De la curva corregida tómnese los valores de esfuerzo-penetración para los valores de 2,54 mm y 5,08 mm y calcúlense los valores de relación de soporte correspondientes, dividiendo los esfuerzos corregidos por los esfuerzos de referencia 6,9 MPa (1000 lb/plg²) y 10,3 MPa (1500 lb/plg²) respectivamente, y multiplíquese por 100. La relación de soporte reportada para el suelo es normalmente la de 2,54 mm (0,1") de penetración. Cuando la relación a 5,08 mm (0,2") de penetración resulta ser mayor, se repite el ensayo. Si el ensayo de comprobación da un resultado similar, úsese la relación de soporte para 5,08 mm (0,2") de penetración.” (MTC. E 133).



Figuras 35: Ensayos de CBR de las muestras.

3.8. Técnicas y Análisis de Datos

En el estudio de investigación las técnicas y el análisis de los datos tuvo un enfoque cuantitativo; los resultados que se lograron obtener en el capítulo IV de la investigación serán procesados en cuadros descriptivos elaborados en EXCEL, en función a ello será posible proporcionar el uso alternativo más adecuado en la estabilización de subrasante haciendo uso de la ceniza de gallinaza en base a los parámetros establecido por el MTC.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Ensayos Preliminares a la Muestra de Suelo Patrón y con Adición de Ceniza de Gallinaza

4.1.1. Contenido de Humedad

En la Tabla 29 y Figura 36, se presentan los resultados de los ensayos correspondiente al contenido de humedad (NTP 339.127) de las muestras patrón y las muestras incorporados los porcentajes de 2.0%, 4.0% y 8.0% de ceniza de gallinaza.

Tabla 29: *Resumen de Resultados del Ensayo de Contenido de Humedad.*

N°	MUESTRA	PORCENTAJE (%)	HUMEDAD W (%)
1.0	Patrón	0.0%	17.0%
2.0	Adición de Ceniza	2.0%	4.0%
3.0		4.0%	3.0%
4.0		8.0%	2.0%

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

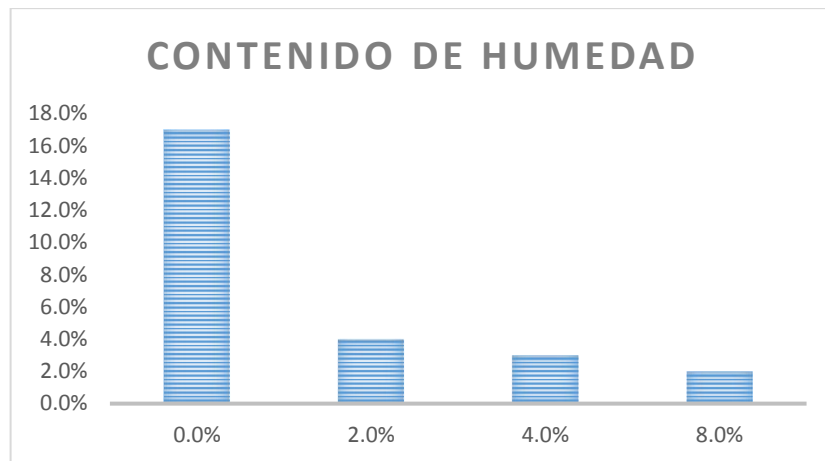


Figura 36: Análisis de Resultados del Contenido de Humedad.

En la tabla 29 y la figura 36, se muestra los resultados de la humedad de la muestra patrón que nos permite comparar con la humedad óptima de cada muestra con la adición de los porcentajes de ceniza de gallinaza. Como el resultado de la humedad natural o de la muestra patrón es superior a la humedad óptima de las demás muestras y, según la saturación del suelo, el ingeniero o profesional que quiere aplicar estos estudios tendrá que proponer incrementar el grado de compactación, airear el suelo para lograr el índice CBR propuesto en campo.

4.1.2. Granulometría por Tamizado

En la Tabla 30, se presentan los resultados de los ensayos correspondientes al análisis granulométrico por tamizado, en donde se presenta el porcentaje que pasa por el tamiz N° 200 de la muestra tomada y a su vez incorporado porcentajes de 2.0%, 4.0% y 8.0% de ceniza de gallinaza.

Tabla 30: *Análisis del Ensayo de Granulometría por Tamizado*

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICA POR TAMIZADO					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	% QUE PASA M. PATRON	% QUE PASA M. 2.0% CG	% QUE PASA M. 4.0% CG	% QUE PASA M. 8.0% CG
3"	75.000	100.00	100.00	100.00	100.00
2"	50.000	100.00	100.00	100.00	100.00
1 1/2"	37.500	100.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.000	97.73	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.000	96.43	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.500	93.86	100.00	100.00	100.00
N° 4	4.750	92.51	99.94	99.97	99.84
N° 10	2.000	91.20	98.21	99.32	95.49
N° 20	0.850	89.88	96.37	98.64	92.11
N° 40	0.425	88.33	94.58	97.37	90.56
N° 60	0.250	86.55	91.95	95.21	89.43
N° 140	0.106	81.95	85.17	90.39	85.99
N° 200	0.075	80.17	83.17	88.51	84.30

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se puede apreciar de los resultados, que en las muestras ya sea con o sin adición de ceniza de gallinaza (CG), con mayor del 80% pasa la malla N° 200 indicando la gran presencia de material limo arcilloso, en la tabla 31 se muestra el porcentaje de material correspondiente a grava, arena y limo-arcilla.

Tabla 31: *Contenido del porcentaje por material*

MATERIAL	CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA			
	M. PATRON	M. 2% CG.	M. 4% CG.	M. 8% CG.
GRAVA	7.49%	0.06%	0.03%	0.16%
ARENA	12.33%	16.77%	11.46%	15.54%
FINO	80.17%	83.17%	88.51%	84.30%

Fuente: Elaboración propia, 2020

Rico y Del Castillo (1988); “menciona que la característica más importante para definir su resistencia es la compacidad y la angulosidad de los granos, como se puede apreciar

en la tabla 31 que existe gran presencia de material fino (limo y arcilla).” Como también nos indica en el manual de carreteras de suelos, geología, geotecnia y pavimentos del MTC, “las gravas proporcionan la resistencia al corte, las arenas ocupan los vacíos entre las gravas y las partículas finas aportan en la cohesión del suelo. Es recomendable que en la distribución granulométrica del suelo presenten mayor porcentaje de grava seguido del porcentaje de arena y en menor porcentaje los finos, para que tenga un elevado índice CBR.”

4.1.3. Límite de Consistencia

En las Tablas 32 y Figura 37 y 38 se presentan los resultados de los ensayos correspondientes a límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de la muestra patrón y las muestras incorporados los porcentajes de 2.0%, 4.0% y 8.0, realizado bajo lo dispuesto en la norma NTP 339.129.

Tabla 32: *Resumen de Resultados del Ensayo de Límite de Consistencia*

N°	MUESTRA	PORCENTAJE (%)	Límite Líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice de Plasticidad (IP)
1.0	Patrón	0.0%	44.0%	19.0%	25.0%
2.0	Adición de Ceniza	2.0%	51.0%	22.0%	29.0%
3.0		4.0%	51.0%	23.0%	28.0%
4.0		8.0%	52.0%	25.0%	27.0%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

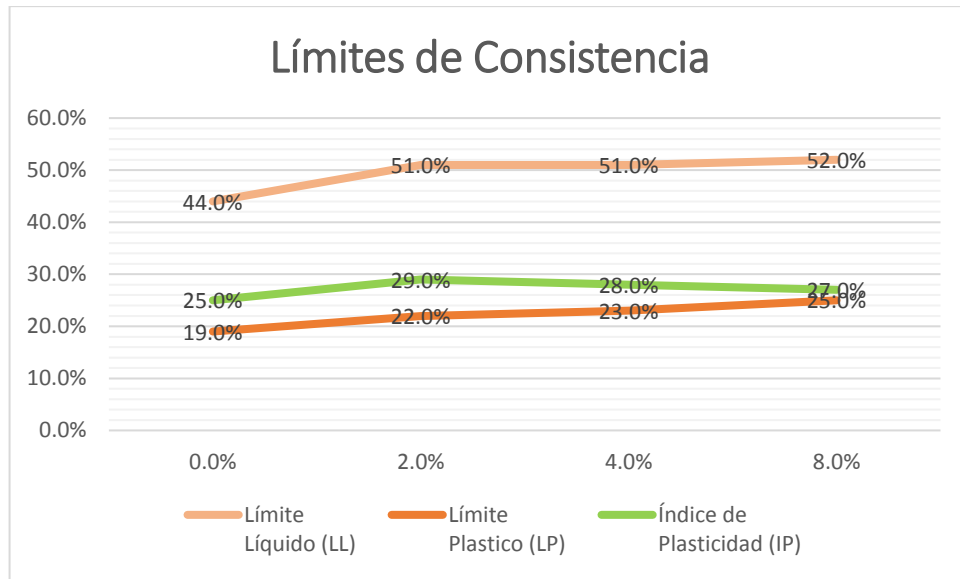


Figura 37: Análisis de Resultados del Límite de Consistencia.

Los suelos analizados presentan una plasticidad alta. La muestra patrón tiene un IP de 25% y las muestras con la adición de ceniza de gallinaza elevan el IP de 25% a 29%, el cual a mayor sea la cantidad de ceniza va disminuyendo el IP de 29% a 28%. Pero como se muestra en la tabla 31 y la figura 37, el LL y el LP van aumentando progresivamente que se va adicionando mayor cantidad de ceniza de gallinaza.

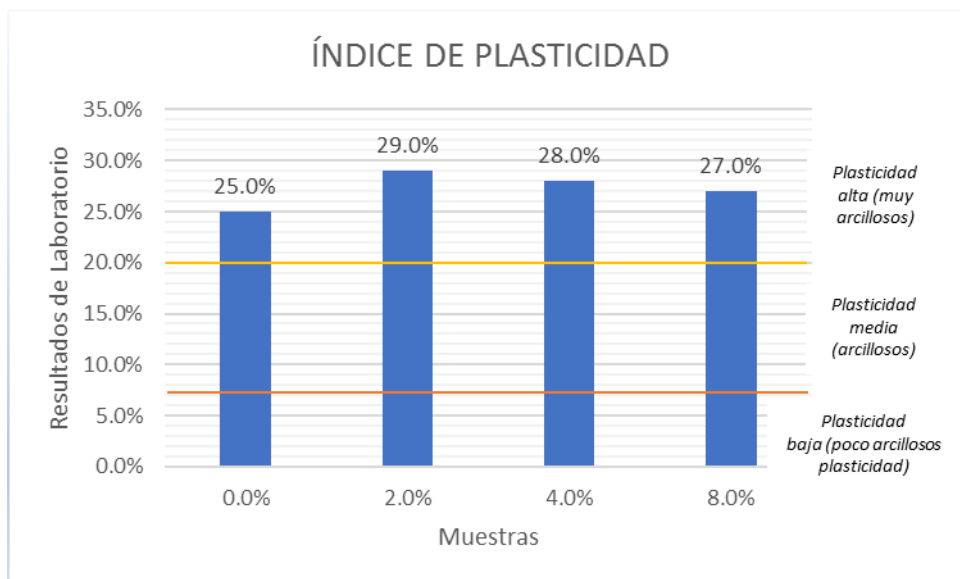


Figura 38: Análisis de Resultados del Índice de Plasticidad.

Estos datos son esenciales para poder clasificar el suelo y en el caso de seguir mejorando el suelo, nos ayudara a tomar la mejor de decisión sobre con qué tipo de estabilizante se podría combinar la ceniza de gallinaza para mejorar las propiedades como son el límite líquido, limite plástico e índice de plasticidad.

4.1.4. Clasificación SUCS y AASHTO

En la Tabla 33, se presentan los resultados de la clasificación SUCS y AASHTO de la muestra patrón y muestras incorporados con porcentajes de 2.0%, 4.0% y 8.0% de la ceniza de gallinaza, realizando bajo lo dispuesto en la norma NTP 339.134 y NTP 339.135.

Tabla 33: *Resumen de Resultados del Ensayo de Clasificación de SUCS y AASHTO.*

N°	MUESTRA	PORCENTAJE (%)	CLASIFICACIÓN	
			SUCS	AASHTO
1.0	Patrón	0.0%	CL	A-7-5 (20)
2.0	Adición de Ceniza	2.0%	CH	A-7-6 (25)
3.0		4.0%	CH	A-7-6 (25)
4.0		8.0%	CH	A-7-6 (24)

Fuente: Elaboración propia, 2020.

4.1.5. Equivalente de Arena

En la Tabla 34 y la Figura 39 se puede apreciar los resultados del ensayo correspondiente a equivalente de arena de la muestra tomada de la calicata y con la incorporación de distintos porcentajes de ceniza de gallinaza, realizado bajo lo dispuesto en la norma NTP – 339.146.

Tabla 34: Resumen de Resultados del Ensayo de Equivalente de Arena.

N°	MUESTRA	PORCENTAJE DE CENIZA (%)	% EQUIVALENTE DE ARENA
1.0	Patrón	0.0%	20.00%
2.0	Adición de Ceniza	2.0%	3.00%
3.0		4.0%	12.00%
4.0		8.0%	18.00%

Fuente: Elaboración propio.

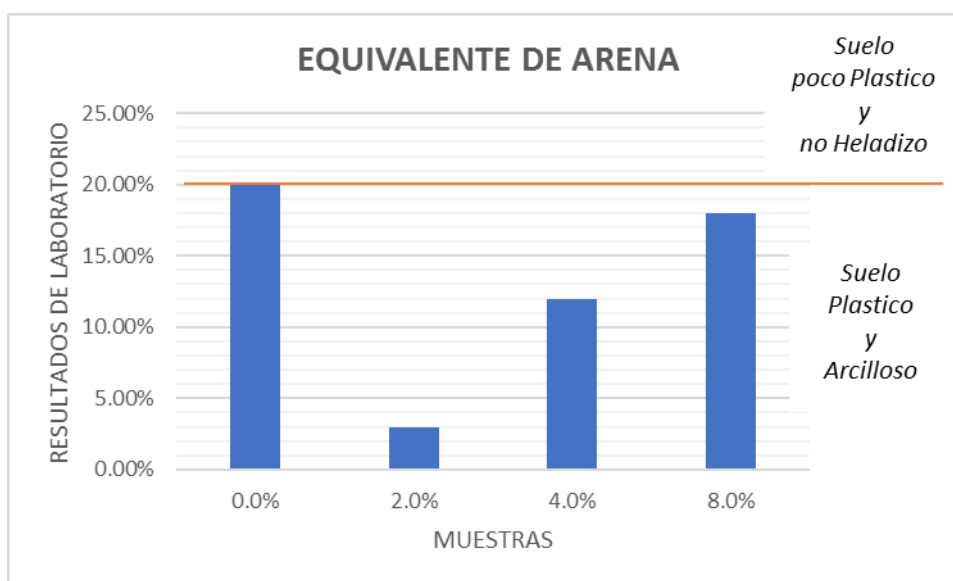


Figura 39: Análisis de resultados de Equivalente de Arena

En la table 34 y la figura 39 nos muestras el resultado de la muestra patrón y la influencia de la ceniza de gallinaza al adicionar al suelo muestreado; como se observa en los datos procesados que hay una influencia significativamente cuando a la muestra patrón se le adicional el 2% de ceniza de gallinaza, el cual se reduce de un 20% a un 2% del EA y que al adicionar mayor cantidad del material estabilizante este va en aumento de su valor porcentual del equivalente de arena.

Como este ensayo sirve para evaluar la limpieza de los áridos finos o suelos poco plásticos, a través de un índice relativo a la proporción del material y también caracterizar

los áridos que se utilizan para la construcción de carreteras; cuan mayor sea el EA mejor es la calidad del suelo.

4.1.6. Proctor Modificado

En la Tabla 35 y Figura 40 y 41 se presentan los resultados del ensayo correspondiente al Proctor modificado de la muestra tomada en la calicata 01 y con adiciones de 2.0%, 4.0% y 8.0% de ceniza de gallinaza en cada una de ellas; realizado bajo lo dispuesto en la norma MTC E 115.

Tabla 35: Resumen de Resultados del Ensayo de Proctor Modificado.

N°	MUESTRA	PORCENTAJE DE CENIZA (%)	DENSIDAD SECA MAX. (g/cm ³)	CONTENIDO DE AGUA (%)
1.0	Patrón	0.0%	1.863	14.20%
2.0	Adición de Ceniza	2.0%	1.825	14.50%
3.0		4.0%	1.835	13.00%
4.0		8.0%	1.828	14.50%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

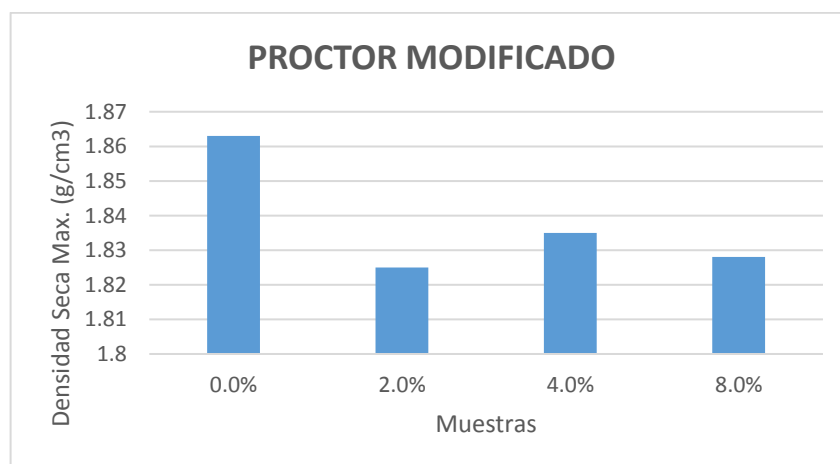


Figura 40: Análisis de Resultados de la Densidad Seca Máxima.

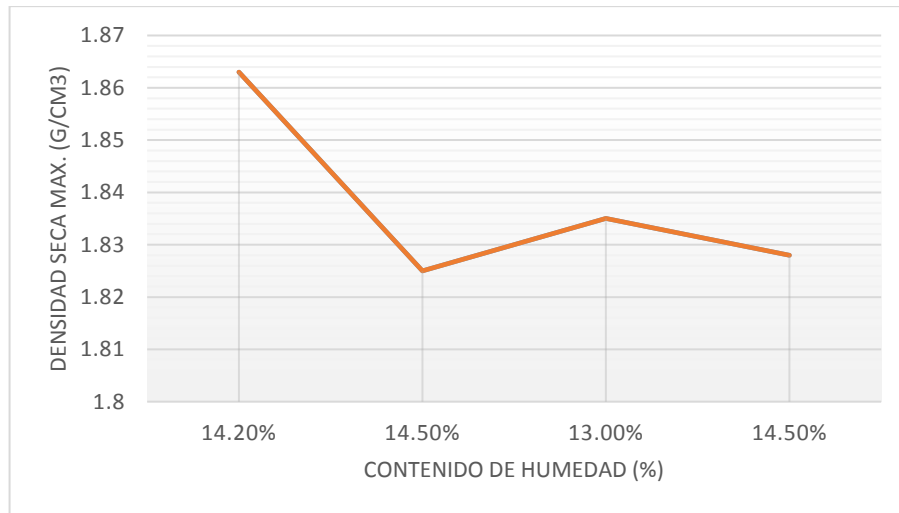


Figura 41: Análisis de Resultados de Relación de Densidad Seca Max. y el Contenido de Humedad.

Se determino la relación del contenido de humedad y el peso específico seco obtenido de la curva de compactación del suelo, con el objetivo de establecer la densidad seca máxima para un contenido de humedad óptimo. En la tabla 35 se muestra los resultados obtenidos de los ensayos de proctor modificado de las muestras ensayados.

4.1.7. Capacidad de Soporte Relativo (CBR).

En la Tabla 36 y la Figura 42, se presentan los resultados de ensayo correspondiente a CBR de la muestra tomada en la calicata 01 y también las muestras incorporados los porcentajes de 2.0%, 4.0% y 8.0% de ceniza de gallinaza a la muestra patrón; realizado bajo lo dispuesto en el manual de MTC E 132.

Tabla 36: Resumen de Resultados del Ensayo de CBR.

N°	MUESTRA	PORCENTAJE DE CENIZA (%)	CBR	
			CBR AL 95% M.D.S (0.1")	CBR AL 95% M.D.S (0.2")
1.0	Patrón	0.0%	4.00	6.50
2.0	Adición de Ceniza	2.0%	6.00	7.50
3.0		4.0%	9.70	13.70
4.0		8.0%	6.60	9.00

Fuente: Elaboración propia, 2020.

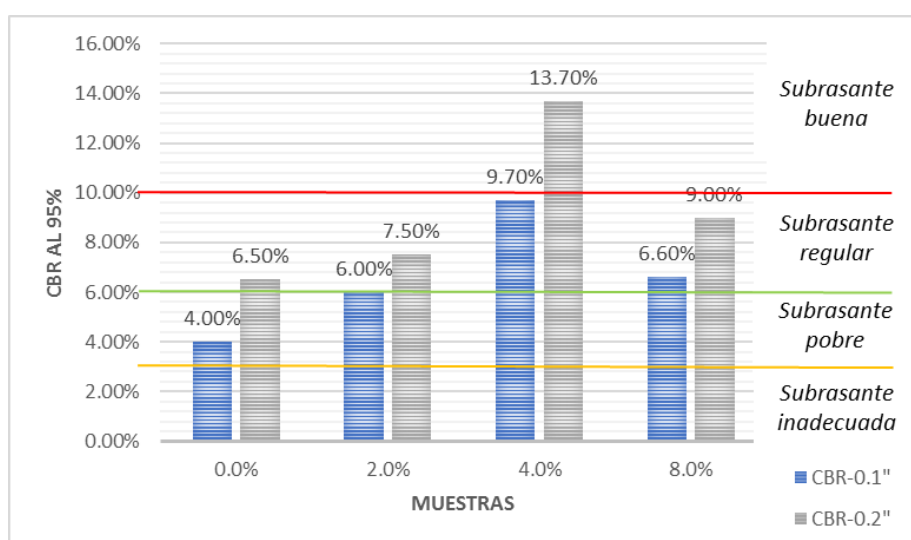


Figura 42: Análisis de Resultados de CBR al 95% a 0.1" y 0.2".

Esta propiedad es la más determinante e importante para el estudio de investigación, ya que busca mejorar la baja capacidad de soporte de la subrasante. El ensayo de CBR se realizó para cada muestra, se evaluaron la influencia de la ceniza de gallinaza. Como se muestran en la tabla 36 y la figura 42, se lograron obtener resultados favorables al estudio de investigación, como se puede ver en las 3 muestras con los distintos porcentajes de ceniza de gallinaza se logra cumplir el parámetro del MTC, que $CBR \geq 6\%$ son aptos para su uso como subrasante; sin embargo también se logra obtener un porcentaje óptimo de

ceniza de gallinaza que sería de 4%, ya al adicionar el 8% el índice CBR reduce de 9.7% a 6.6% al 95% de la MDS.

4.2. Prueba de Hipótesis

4.2.1. Contrastación de Hipótesis Especifica 01

Hipótesis Nula (H_0): La estabilización mediante la adición de la ceniza de gallinaza en los porcentajes de 2%, 4% y 8%, no mejoran las propiedades físicas de la subrasante de baja capacidad de soporte.

Hipótesis Alternativa (H_a): La estabilización mediante la adición de la ceniza de gallinaza en los porcentajes de 2%, 4% y 8%, mejoran las propiedades físicas de la subrasante de baja capacidad de soporte.

El análisis de la hipótesis específica 01 se realizó mediante el coeficiente de correlación de Pearson (r) dando así la siguiente tabla:

Tabla 37: Análisis del coeficiente de correlación Pearson hipótesis específica 01

	PROPIEDADES FÍSICAS				
	CONTENIDO DE HUMEDAD	LÍMITES DE ATTERBERG			EQUIVALENTE DE ARENA
		L. Líquido	L. Plástico	Índice de Plasticidad	
CORRELACIÓN DE PEARSON	-0.762	0.766	0.956*	0.257	0.160
NIVEL DE SIGNIFICANCIA	0.238	0.234	0.044	0.743	0.840
N	4	4	4	4	4

*. La correlación es significativa en nivel 0.05 (bilateral)

Fuente: Elaboración Propia.

Conclusión Estadística:

De acuerdo con la tabla 37, en relación a los porcentajes planteados en la adición de la Ceniza de Gallinaza (CG) y a las propiedades físicas de la subrasante de baja capacidad de soporte los resultados nos muestran la correlación de Pearson, los cuales son interpretados según Hernández *et al* (2014, p. 305); en el contenido de humedad tiene un valor de -0.762, lo cual nos indica una correlación negativa alta y tiene una significancia de 0.238, siendo este valor mayor a 0.05, por lo tanto indica que no tiene un mejoramiento de la ceniza de gallinaza en el contenido de humedad; en el límite líquido (LL) se tiene un valor de 0.766, determinando una correlación positiva alta y una significancia de 0.235, siendo este valor es superior a 0.05 y de esta manera indica que no hay una mejora de la ceniza de gallinaza en el LL; en el límite plástico (LP) se tiene un valor de 0.956 que es una correlación positiva muy alta con una significancia de 0.044, por lo tanto que la ceniza de gallinaza si tiene un mejoramiento en el LP; en el índice de plasticidad se obtuvo un valor de 0.257 que es una correlación positiva baja con una significancia de 0.743 determinando que la ceniza de gallinaza no tiene una mejora en el índice de plasticidad (IP); en el equivalente de arena tiene un valor de 0.160 lo cual nos indica que tiene una correlación positiva muy baja y con una significancia de 0.840 demostrando que la ceniza de gallinaza no mejora el equivalente de arena.

En base a lo mencionado anteriormente se puede visualizar que el valor de la significancia en gran parte de las propiedades físicas es mayor a 0.05, por lo tanto, se determina que la hipótesis es nula.

Conclusión Técnica:

En base a los resultados logrados de los ensayos de laboratorio y el mejoramiento de la ceniza de gallinaza en los 2%, 4% y 8%, se puede determinar lo siguiente: la ceniza de gallinaza modificó el porcentaje del contenido de humedad, de esta manera influyo directamente; también se observa que influye en el LL haciendo que incremente con relación a que se va adicionando la ceniza de gallinaza y de esta manera también se ve afectado en el incremento del IP siendo aun un suelo muy arcilloso de alta plasticidad, por ello se estaría incumpliendo con los parámetros establecidos por el MTC que es un IP de 10% siendo un suelo arcilloso de media plasticidad; en el equivalente de arena se tiene influencia, pero aún no llega hacer significativo debido a que su nivel de significancia esta superior a 0.05. Por lo tanto, se muestra que la ceniza de gallinaza no mejora las propiedades físicas que el MTC establece para la estabilización de la subrasante de baja capacidad de soporte.

4.2.2. Contrastación de Hipótesis Especifica 02

Hipótesis Nula (H_0): La estabilización mediante la incorporación de la ceniza de gallinaza en los porcentajes de 2%, 4% y 8%, no mejoran las propiedades mecánicas de la subrasante de baja capacidad de soporte.

Hipótesis Alterna (H_a): La estabilización mediante la incorporación de la ceniza de gallinaza en los porcentajes de 2%, 4% y 8%, mejoran las propiedades mecánicas de la subrasante de baja capacidad de soporte.

El análisis de la hipótesis especifica 02 se realizó mediante el coeficiente de correlación de Pearson (r) dando así la siguiente tabla:

Tabla 38: Análisis del coeficiente de correlación Pearson hipótesis específica 02

	PROPIEDADES MECÁNICAS			
	PROCTOR MODIFICADO		CBR	
	Máxima Densidad Seca	Contenido de Humedad	CBR al 95% 1.0"	CBR al 95% 2.0"
CORRELACIÓN DE PEARSON	-0.644	0.410	0.477	0.409
NIVEL DE SIGNIFICANCIA	0.356	0.959	0.523	0.591
N	4	4	4	4

Fuente: Elaboración Propia.

Conclusión Estadística:

De acuerdo a la 38, en relación a la adición de la ceniza de gallinaza y las propiedades mecánicas de la subrasante de baja capacidad de soporte nos muestra los resultados de la correlación de Pearson, los cuales son evaluados según Hernández *et al* (2014, p. 305): en la máxima densidad seca se tiene un valor de -0.644 correspondiente a una correlación negativa moderada con una significancia de 0.356 siendo mayor a 0.05 lo cual se determina que la ceniza de gallinaza no mejora la máxima densidad seca; en el contenido de humedad se tiene un valor de 0.410 que es una correlación positiva moderada y una significancia de 0.959 estando por encima de 0.05 lo cual nos indica que la ceniza de gallinaza no mejora la máxima densidad seca y en el CBR al 95% de la MDS se tiene un valor de 0.477 correspondiendo a una correlación positiva moderada con una significancia de 0.523 lo que nos muestra que la ceniza de gallinaza no incrementa el CBR al 95% de la MDS.

Por lo tanto, con lo explicado anteriormente se puede visualizar que el valor de la significancia en todas las propiedades mecánicas es mayor a 0.05, lo cual se acepta la hipótesis nula.

Conclusión Técnica:

En base a los resultados de los ensayos en el laboratorio y la demostración en la estadística, la significancia en todo los casos es mayor a 0.05, se puede concluir en lo siguiente: que en la parte técnica en concordancia con los parámetros establecidos por el MTC esto se deduce, que al adicionar la ceniza de gallinaza este incrementa las propiedades mecánicas, también logrando un porcentaje óptimo de ceniza de gallinaza, sin embargo en la estadística no nos muestra ese incremento o mejoramientos de las propiedades mecánicas porque valida la hipótesis nula, esto se debe al intervalo de los resultados y los porcentajes de ceniza de gallinaza propuesto por el estudio de investigación; de esta manera se determina que la hipótesis nula se invalida, dando lugar a la hipótesis alterna, logrando clasificar a la subrasante como regular de acuerdo al MTC. Por lo tanto, se dice que la ceniza de gallinaza incrementa las propiedades mecánicas de una subrasante de baja capacidad de soporte.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Análisis y Discusión

De la investigación de ALTAMIRANO, José y DÍAZ, Axell. **Estabilización de suelos cohesivos por medio de cal en las vías de la Comunidad de San Isidro del Pongo.** (2015). “El objetivo principal de su investigación fue ejecutar la estabilización de las arcillas presentes en las vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, con una mezcla de cal. La comunidad ubicada en el municipio de Potosí, Departamento de Rivas, presenta múltiples áreas con suelos de comportamiento plástico, asimismo la ausencia de vías rurales acondicionadas con carpetas de rodadura a base de asfalto, adoquín o concreto hidráulico y la problemática de acceso para exportación de productos en época de lluvias. La estabilización de las arcillas, se realizó luego de caracterizar el suelo, determinando sus propiedades físicas y mecánicas mediante estudios de campo y ensayos de laboratorio, basadas en las normas ASTM y AASHTO. Los datos que se obtuvieron se analizaron para posteriormente realizar dosificaciones en suelos arcillosos con diferentes proporciones de cal (3%,6%, 9% y 12%). Al determinar las propiedades con los porcentajes se logró una mejora significativa en cuanto a la plasticidad, densidad de compactación; asimismo incrementó la humedad requerida en este proceso debido a la reacción exotérmica que se produce entre la cal y la arcilla, aumentó significativamente

la capacidad de soporte del suelo. Se logró un resultado aceptable de los porcentajes de cal, se determinó que con 9% de cal se obtenían las mejores condiciones de suelo.” De acuerdo con los resultados obtenidos en la investigación **“mejoramiento de la subrasante de baja capacidad de soporte mediante la adición de la ceniza de gallinaza”**, se puede precisar que se logró tener un mejoramiento de las propiedades mecánicas referente al índice CBR, mas no se logró mejorar las propiedades físicas de la subrasante, manteniéndose como una subrasante de alta plasticidad de acuerdo a la tabla 03 del MTC, también se logró obtener un porcentaje óptimo de 4% de la ceniza de gallinaza, siendo así menor porcentaje al que se logró obtener en la adición de cal.

En el estudio de investigación de CASTILLO, Byron. **Estabilización de suelos arcillosos de Macas con valores de CBR menores al 5% y límites líquidos superiores al 100% para utilizarlos como subrasantes en carreteras. (2017)**. “El **objetivo** de esta tesis fue estabilizar mediante el uso de la cal viva los suelos arcillosos encontrados en el Km 3+000 del paso lateral de Macas con valor de CBR. menor al 5% y Límite Líquido mayor al 100% para ser utilizados como capa subrasante estabilizada en sitio en carreteras de pavimento flexible. Se tomaron muestras del suelo de la subrasante en el sector antes mencionado, para luego realizar los ensayos necesarios para la caracterización del material, asimismo, se realizó el tratamiento de estabilización del suelo con cal al 10%, 20%, 30% y 40% respecto al peso de suelo seco de material. Los **resultados** demostraron una reducción del Límite Líquido, Índice Plástico y expansión; incrementó el valor de CBR; con los resultados obtenidos se aproximó un valor del 16% de cal.” De acuerdo a la presente investigación del **“mejoramiento de la subrasante de baja capacidad de soporte mediante la incorporación de la ceniza de gallinaza”** se puede precisar que se logró obtener al análisis y comparar con este estudio de investigación, este hace uso de 3 veces menor que la adición de cal, puesto que no se logra mejorar sus propiedades físicas,

del modo que nos establece el MTC que el $IP < 10\%$; pero si se logra una mejora en proporciones menores de ceniza de gallinaza, de esa manera cumpliendo mejorar una de las propiedades fundamentales de este estudio de investigación, el cual sería el mejoramiento de la capacidad de soporte, también establecido como parámetro por el MTC.

En el trabajo de investigación de VELÁSQUEZ, César. **Influencia del cemento portland tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector La Molina.** (2018). “Se evaluó la influencia del cemento Portland en la estabilización de un suelo arcilloso de alta plasticidad. Se realizó un estudio de suelos para identificar sus características físicas y mecánicas. Se empleó cemento Portland Tipo I como aditivo estabilizador en porcentajes de 1, 3 y 5% del peso seco de la muestra de suelo. Se realizó ensayos de contenido de humedad, análisis granulométrico, límite líquido, límite plástico, límite de contracción, Proctor modificado y CBR, mediante los cuales se evaluó la influencia del cemento Portland Tipo I en su índice de plasticidad, índice de contracción e índice CBR. El suelo arcilloso analizado se clasificó como A – 7 – 6 (37) según AASHTO y como OH según SUCS. Con la adición de 5% de cemento su índice de plasticidad se redujo de 44% a 15%, su índice de contracción se redujo de 27% a 19% y su índice CBR se incrementó de 1.30% a 13.75% al 95%DSM. Pese a la adición de cemento, en los porcentajes indicados, el suelo presentó una plasticidad media y estuvo sujeto a cambios volumétricos. Por el contrario, una subrasante regular a buena, según su índice CBR, se logró solo con una adición de 4% de cemento.” De acuerdo con los resultados obtenidos en la investigación del **“mejoramiento de la subrasante de baja capacidad de soporte mediante la incorporación de la ceniza de gallinaza”** se puede precisar que en comparación con el estudio de investigación de la adición del cemento

portland tipo I, este logra con un 2% de ceniza de gallinaza resultados similares, manteniendo de igual manera una subrasante de alta plasticidad.

Como resultado más favorable en el estudio de la adición del cemento portland tipo I como estabilizador, se logra una mejor en ambas propiedades al adicionar un 5% de esa manera cumpliendo así una mejor subrasante de acuerdo al MTC; analizando con el presente estudio de investigación, este también obtiene un incremento mayor en su índice CBR usando una menor cantidad de ceniza de gallinaza a diferencia con el estudio analizado, no obstante, no se logró mejorar el IP y manteniéndose como una subrasante de alta plasticidad.

En la investigación de TERRONES Cruz, Andrea T. **Estabilización de los suelos arcillosos adicionando ceniza de bagazo de caña para el mejoramiento de la subrasante en el sector Barraza, Trujillo – 2018. (2018).** “El presente trabajo consiste como **objetivo** determinar la influencia de la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar en porcentajes de 5%, 10% y 15% en peso de suelo seco en la estabilización de suelos arcillosos en el sector Barraza, Trujillo – 2018. Durante el proceso experimental se desarrollaron ensayos de caracterización al suelo; además de ello se obtuvo el porcentaje de humedad óptimo, la máxima densidad seca, la resistencia a compresión simple no confinada y el porcentaje de CBR tanto de la muestra inalterada como de la muestra con adición de CBCA. Para la obtención del porcentaje de CBCA con el cual se llegue a cumplir los requerimientos mínimos que debe cumplir una subrasante según el Manual de Carreteras – Suelos, geología, geotecnia y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, se elaboraron un total de 36 probetas cilíndricas de 4” de diámetro, evaluando la resistencia a compresión simple no confinada a 7 días de curado. Así mismo para la comprobación de ese dato se elaboraron 6 probetas, las cuales fueron sometidas al ensayo de CBR.

En base a los **resultados** obtenidos se determinó que la adición del 15% de CBCA a la muestra de suelo es la que cumple con los requisitos indicados en el manual mencionado anteriormente, ya que se alcanzó una resistencia promedio de 150.60 kPa y un porcentaje de CBR de 23.67%. Sus resultados demuestran que es posible usar la CBCA para estabilizar el suelo, lo cual permite obtener beneficios positivos en las empresas relacionadas con la construcción de infraestructura vial, debido a que, por ser un residuo, genera menos costos en la adquisición del producto y por ende menor costo en la etapa de mantenimiento.” De acuerdo a la presente investigación de “mejoramiento de la subrasante de baja capacidad de soporte mediante la adición de la ceniza de gallinaza” se puede mencionar que se tuvo resultados favorables en los tres porcentajes propuesto para la adición de la ceniza de gallinaza, el cual se tuvieron índice $CBR \geq 6\%$ siendo una subrasante regular, donde el MTC nos indica que mayores a esos porcentajes son aptos para el uso como subrasante. Este estudio de investigación logro un porcentaje óptimo de 4% obteniendo un CBR de 9.7% al 95% de la MDS, siendo así la tercera parte del porcentaje de la ceniza de bagazo de caña que se adicionó al suelo inalterado.

CONCLUSIONES

➤ La influencia de la ceniza de gallinaza en el mejoramiento de sus propiedades del suelo de baja capacidad de soporte de la Av. La Esperanza, influyó en el aumento de su índice de plasticidad, y el cambio del tipo de suelo según la clasificación SUCS y en el incremento de su índice CBR, logrando de esa manera un resultado favorable en la capacidad de soporte de la subrasante.

➤ El mejoramiento de las propiedades físicas de la subrasante de baja capacidad de soporte de la Av. La Esperanza no fueron favorables adicionando los porcentajes de 2.0%, 4.0% y 8.0% de ceniza de gallinaza.

El suelo que conforma la subrasante de la Av. La Esperanza se clasificó como un CL y A-7-5 (20) según SUCS y AASHTO respectivamente. Según esto, todos los suelos fueron inadecuados para su uso como material de subrasante. Sin embargo, al adicionar la ceniza de gallinaza, este influyó también en su clasificación logrando así un suelo de subrasante como CH, A-7-6 (25) una arcilla de alta plasticidad con arena, esto implicó por el aumento de sus límites líquido y límites plásticos, obteniendo así un índice de plasticidad de 28% con el porcentaje óptimo de 4% de ceniza de gallinaza, siendo así que el suelo todavía es de plasticidad alta. La misma influencia negativa se reflejó en el equivalente de arena que al

adicionar un 2% de ceniza de gallinaza este desciende de un 20% a un 2% de EA, el cual es suelo plástico y arcilloso; al adicionar mayor cantidad de ceniza de gallinaza de 4% y 8% se muestra el aumento de 2% a 18% EA.

Por lo tanto, no se logró un porcentaje apropiado de ceniza de gallinaza para mejorar las propiedades físicas de la subrasante.

- La estabilización mediante la adición de la ceniza de gallinaza incrementa las propiedades mecánicas de la subrasante de baja capacidad de soporte. Se logró obtener un porcentaje óptimo de ceniza de gallinaza, el cual es el 4%. Al determinar las propiedades mecánicas con este porcentaje se obtuvo una mejora significativamente de la capacidad de soporte. Los resultados fueron el incremento de 4% al 9.7% al 95%DSM con la adición de ceniza de gallinaza de 4%, con este resultado se estaría cumpliendo el parámetro según la categorización del manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos del MTC, que nos indica que ($6\% \leq \text{CBR} < 10\%$), corresponde a una subrasante regular. Según su índice CBR, se logró una mejora con solo una adición de 2% de ceniza de gallinaza.

RECOMENDACIONES

- Se le recomienda a los estudiantes o profesionales de la facultad que desean continuar con esta investigación, que, para lograr una estabilización efectiva del suelo arcilloso analizado en esta investigación, se debe evaluar cómo influye la aplicación de un tratamiento previo con una pequeña dosis de cemento portland tipo I u otro aditivo estabilizador en combinación con la ceniza de gallinaza, esto con la finalidad de reducir previamente su índice de plasticidad.
- A los estudiantes o profesionales que desean seguir evaluando e indagando a mayor detalles de la influencia en el mejoramiento de una subrasante de baja capacidad de soporte, que por tratarse de un suelo arcilloso de alta plasticidad, se debe realizar los ensayos de expansión libre y de presión de expansión para evaluar su expansividad, ya que, a pesar de lograr una mejora sustancial de su capacidad de soporte, aún podría generar problemas en la estructura del pavimento que se construya sobre este.
- A los estudiantes y profesionales que desean analizar las propiedades de la ceniza de gallinaza que influyen en su alta plasticidad del suelo y para un estudio más preciso del comportamiento de los suelos arcillosos y de la ceniza de gallinaza, se debe determinar su composición mineralógica mediante ensayos adecuados como

el de cristalografía de rayos X, de esa manera se podría identificar qué es lo que influye en su aumento del límite líquido y límite plástico.

- A los ingenieros que están inmerso en la formulación o consultoría de proyecto de carreteras, que deben tener mucho cuidado en su evaluación y diseño de un proyecto de obras civiles frente a este tipo de subrasante, a los ingenieros civiles que lleguen a ocupar los cargos de residente y supervisor de obras, que antes de iniciar cada proyecto se den mayor tiempo de evaluar el expediente técnico para que de esa manera puedan emitir el informe de compatibilidad de la mejor manera para que en la ejecución no tengan problemas y no ejecuten de manera inadecuada sobre este tipos de subrasantes.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

A. Bibliográficas

ALTAMIRANO, Genaro y Diaz Axell. Estabilización de suelos cohesivos por medio de cal en las Vías de la Comunidad de San Isidro del Pongó, Municipio Potosí – Rivas. Tesis (Optar el Título profesional) Potosí-Rivas: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, 2015.113pp.

ANCADE y IECA. Manual de estabilización de suelos con cemento o cal. España.217pp. ISBN: 978-84-89702-23-3

BAÑON, Luis y BEVÍA, José. Manual de Carreteras: Construcción y Mantenimiento (Vol. 2), 2000. 328pp. ISBN: 84-607-0123-9.

BARRERA Bucio, Mauricio, GARNICA Anguas, Paul. Introducción a la mecánica de suelos no saturados en vías terrestres. (Documento Técnico No. 198). Instituto Mexicano del transporte, 2002.155pp. ISSN: 0188-7297.

CASTILLO Pa, Bryron F. Estabilización de suelos de Macas con valores de CBR menor al 5% y Límites Líquidos superiores al 100% para utilizarlo como subrasante en carreteras. Tesis (optar el grado Master). Cuenca: Universidad de Cuenca, 2017.

BRAJA, Das. Fundamentos de ingeniería geotecnia. México: Interracial Thomson editores. 4° Edición. ISBN: 978-607-519-373-1.

GARNICA, Paúl., PÉREZ, Alfonso, GÓMEZ, José., Ovil, Eda. Estabilización de suelos con cloruro de sodio para su uso en las vías terrestres. México: Instituto Mexicano del transporte, 2002.68pp. ISSN: 0188-7297.

GARCÍA, Yaneisy y LONWO, Esmeralda. Efecto de los residuales avícolas en el ambiente. Instituto de Ciencia Animal, Cuba. 1-6 pp.

KRAEMER, C; Pardillo, JM; Rocci, S; Romana, MG; Sánchez Blanco, V; del Val, MA. Ingeniería de Carreteras. Madrid, España, McGraw-Hill. v. 2. 2004.
ISBN: 84-481-3998-4

LÓPEZ T., Hemández J., Horta J., Coronado A. & Castaño V. (2010, mayo).
Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas. (Vol. 11 (3))
Revista Iberoamericana de Polímeros.

Nacional Lime Association. Manual de estabilización de suelo tratado con cal.
2006.

MENÉNDEZ Acurio, José. R. Ingeniería de pavimentos: materiales y variables de diseño (4° Ed.). Lima: imprenta ICG. 2013.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones: Diagnóstico de la Situación de las Brechas de Infraestructura o de Acceso a Servicios. Lima. Enero de 2020.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras (EM 2000). Agora Ediciones. 2016.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial. 2018.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección general de Caminos y Ferrocarriles. Manual de Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos. 2014.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. 2008.

MONTEJO Fonseca, A. Ingeniería de pavimentos para carreteras. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia. 2002 (2° Ed.).
ISBN: 958-96036-2-9.

RAVINES Merino. Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras. Tesis (titulación). Piura: Universidad de Piura. 2010.

RICO Rodriguez, Alfonso. La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas (Vol. 1). México: Editorial Limusa S.A. 2005. ISBN. 968-18-0054-0.

TAPIA, Mario E. y FRIES, Ana María. Guía de campo de los cultivos andinos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. 2007. 198 pp.

TERRONES Cruz, Andrea T. Estabilización de suelos arcillosos adicionando ceniza de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo – 2018. Tesis (optar el título profesional). Trujillo: Universidad Privada del Norte. 2018.

VALLE Areas, Wilfredo A. Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yesíferos. Tesis (maestría). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. 2010.

VELÁSQUEZ Pereyra, César. Influencia del cemento portland tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector La Molina. Tesis (Título Profesional). Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca. 2018.

VIDAL Nardi, Jose. Estabilização de Areia com Cinza Volante e Cal; Efeito do Cimento como Aditivo e de Brita na Mistura. (Tesis de Maestria). Rio de Janeiro: Universidad Federal de Rio de Janeiro. 1975.

B. Revistas

ESTRADA Pareja Mónica María. Manejo y procesamiento de la Gallinaza. Antioquia, Colombia. 2005. 43-48pp.

LAL, R., 1997. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂ – enrichment. Soil Till. Res. 43, 81-107.

LÓPEZ T., HEMÁNDEZ J., HORTA, J., CORONADO, A. y CASTAÑO, V.
Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas. Vol. 11 (3).
2010.

MÉNDEZ Novelo, R., CASTILLO Borges, E., VÁZQUEZ Borges, E., BRICEÑO
Pérez, O., CORONADO Peraza, V., PAT Canul, R., GARRIDO Vivas, P.
Estimación del potencial contaminante de las granjas porcinas y avícolas del estado
de Yucatán. Vol. 13. México. 2009. pp. 13-21.

C. Página Web

ECURED, (<https://www.ecured.cu/Esti%C3%A9rcol>)

FANDOM (<https://ceramica.fandom.com/wiki/Ceniza>)

TORTOSA, Germán. (<http://www.compostandociencia.com/2013/06/gallinaza.html/>)

LEXICO (<https://www.lexico.com/es/definicion/organico>)

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
PROBLEMA	OBJETIVO	MARCO TEÓRICO	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
<p>Problema General: ¿En qué cantidad la adición de la ceniza de gallinaza influye al mejoramiento de las propiedades de la subrasante de baja capacidad de soporte?</p>	<p>Objetivo General: Analizar la influencia en la adición de la ceniza de gallinaza para el mejoramiento de las propiedades de la subrasante de baja capacidad de soporte.</p>	<p>1). ANTECEDENTES <i>1.1). Antecedentes Internacional</i> a). ALTAMIRANO, José y DÍAZ, Axell. Estabilización de suelos cohesivos por medio de cal en las vías de la Comunidad de San Isidro del Pongo. (2015). b). CASTILLO, Byron . Estabilización de suelos arcillosos de macas con valores de CBR menores al 5% y límites líquidos superiores al 100% para utilizarlos como subrasantes en carreteras. (2017).</p>	<p>Hipótesis General La estabilización mediante la incorporación de 2%, 4% y 8% de la ceniza de gallinaza influye en el mejoramiento de las propiedades de la subrasante de baja capacidad de soporte.</p>	<p>Variable Independiente: X: CENIZA DE GALLINAZA <i>Dimensiones</i> - Porcentaje (%) - Dosificación</p>	<p>Tipo: APLICAD Nivel: DESCRIPTIVO Diseño: CUASI EXPERIMENTAL Población y Muestra <i>Población:</i> - La población fueron los suelos de la subrasante de la carretera de la Av. La Esperanza Cuadra 09 de Villa Perene, progresiva 0+250 km. ubicado entre la cuadra 05 y 11 de la Av. La Esperanza <i>Muestra:</i> - La muestra es de tipo NO</p>
<p>Problemas Específicos: a) ¿Qué cantidad en porcentaje de la ceniza de gallinaza se debe incorporar a la subrasante de baja capacidad de soporte para el mejoramiento de las propiedades físicas? b) ¿Cuánto es el porcentaje de la ceniza de gallinaza que se debe incorporar a la subrasante de baja capacidad de soporte para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas??</p>	<p>Objetivos Específicos: a) Determinar el porcentaje de la ceniza de gallinaza incorporado para el mejoramiento de las propiedades físicas de la subrasante de baja capacidad de soporte. b) Evaluar el porcentaje de la ceniza de gallinaza incorporado para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la subrasante de baja de capacidad de soporte.</p>	<p>1.2). Antecedentes Nacional a). VELÁSQUEZ Pereyra, César. Influencia del cemento portland tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector La Molina. Tesis (Título Profesional). Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca. 2018. b). CALLE, Solanch y ARCE, Moisés. Estabilización con polímero acrílico de la subrasante de la zona del puente de Añashuayco para su uso como base y comparación frente un pavimento convencional. (2018).</p>	<p>Hipótesis Específicos a) La estabilización mediante la adición de la ceniza de gallinaza en los porcentajes de 2%, 4% y 8%, mejoran las propiedades físicas de la subrasante de baja capacidad de soporte. b) La estabilización mediante la incorporación de la ceniza de gallinaza en los porcentajes de 2%, 4% y 8%, mejoran las propiedades mecánicas de la subrasante de baja capacidad de soporte.</p>	<p>Variable Independiente: Y: SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE <i>Dimensiones</i> - Propiedades físicas de la subrasante. - Propiedades mecánicas de las subrasante.</p>	<p>PROBALISTISTICO; Las muestras fueron la calicata de exploración; en la Av. La Esperanza Cuadra 09 de Villa Perene en la progresiva 0+250 km y los ensayos de suelo realizado en el proyecto del pavimento. , se realiza el análisis de la consistencia del suelo mediante la determinación de la consistencia o adhesividad del suelo mojado, el cual nos facilitará determinar una suelo desfavorable para su análisis y su desarrollo de ensayos en el laboratorio.</p> <p>Técnicas e Instrumentos: - Análisis Granulométrica - Límite Líquido - Límite Plástico - Ensayo Proctor Modificado - Ensayo CBR</p> <p>Técnicas de Procedimiento de Datos: - La investigación serán procesados en cuadros descriptivos y aplicativos elaborados en excel.</p>

Fuente: Elaboración Propia.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



CENTAURO INGENIEROS
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-141



Registro N° LE - 141

Informe de ensayo con valor oficial

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

LABORATORIO DE SUELOS

INFORME

- | | |
|------------------------------|--|
| 1. EXPEDIENTE N° | : 757-2020-AS REEMPLAZA EL EXPEDIENTE 730-2020-AS |
| 2. PETICIONARIO | : BACH, ANGEL VIDAL PERALTA RICRA |
| 3. ATENCIÓN | : BACH, ANGEL VIDAL PERALTA RICRA |
| 4. PROYECTO | : "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA" |
| 5. UBICACIÓN | : AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN |
| 6. FECHA DE RECEPCIÓN | : 24 DE JULIO DEL 2020 |
| 7. FECHA DE EMISIÓN | : 17 DE AGOSTO DEL 2020 |

ENSAYO:	MÉTODO:
Contenido de Humedad	NTP 339.127 1998 (REVISADA EL 2019) SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

PÁGINA 1 DE 1

CÓDIGO ORDEN DE TRABAJO	SONDEO	MUESTRA / PROF.	UBICACIÓN	PROFUNDIDAD DE LA CALICATA (m)	TIPO DE MUESTRA	CONDICIÓN DE MUESTRA	MÉTODO	% DE HUMEDAD	MÉTODO DE SECADO
P-049-2020	CALICATA	C1	AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ	0,9	SUELO	MUESTRA ALTERADA	± 1%	17	110 °C ± 5

*LOS RESULTADOS SE REPORTAN AL ± 1% .

*LA MUESTRA ENSAYADA CUMPLE CON LA MASA MÍNIMA RECOMENDADA.

*LA MUESTRA ENSAYADA NO CONTIENE MAS DE UN MATERIAL.

*EN LA MUESTRA ENSAYADA NO SE EXCLUYO NINGÚN DE UN MATERIAL.

NOTA:

Fecha de ensayo : 2020-07-24

Temperatura Ambiente : 16,6 °C

Humedad relativa : 37 %

Área donde se realizó los ensayos : Suelos I y Pavimentos

OBSERVACION : Muestra remitidas por el Peticionario.

* Los datos proporcionados por el Peticionario son los siguientes: peticionario, atención, nombre del proyecto, ubicación.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y

HC-AS-001 VERSIÓN: 01 REV.01 FECHA: 2020/02/28

Fin de página

INGENIERO EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
AREA DE CALIDAD

Ing. Juan Yagudo Andía Arias
INGENIERO EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
CP 6075

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauroingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875880 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



CENTAURO INGENIEROS
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-141



Informe de ensayo con valor oficial
Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS, CENTAURO INGENIEROS
LABORATORIO DE SUELOS

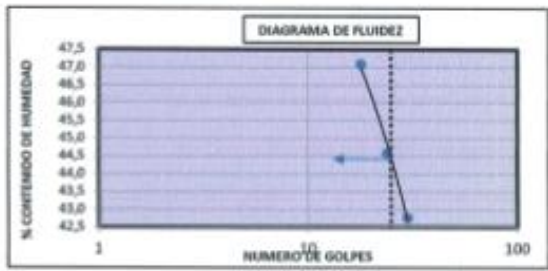
- INFORME**
- EXPEDIENTE N° : 758-2020-AS REEMPLAZA EL EXPEDIENTE 731-2020-AS
 - PETICIONARIO : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 - ATENCIÓN : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 - PROYECTO : *MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA*
 - UBICACIÓN : AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN
 - FECHA DE RECEPCIÓN : 24 DE JULIO DEL 2020
 - FECHA DE EMISIÓN : 17 DE AGOSTO DEL 2020

Código orden de Trabajo : P-049-2020	Sondeo : C1 (0,00 m - 0,90 m)	Profundidad (m) : 0,90
Tipo de material : Suelo	Condiciones de muestra: Muestra Alterada	Ubicación : Av. La Esperanza - Villa Perené

ENSAYOS:	MÉTODOS:
Análisis Granulométrico por tamizado	NTP 558.120.1999 (revisada el 2018) S.U.C.S. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
Límites de Consistencia	NTP 558.129.1999 (revisada el 2018) S.U.C.S. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.
Clasificación S.U.C.S.	NTP 558.134.1999 (revisada el 2018) Método para la clasificación de suelos con propósitos de Ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos, S.U.C.S.)
Clasificación AASHTO	NTP 558.135.1999 (revisada el 2018) Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICA POR TAMIZADO

TAMIZ	ABERTURA (mm)	N QUE PASA
3"	75,000	100,00
2"	50,000	100,00
1 1/2"	37,500	100,00
1"	25,000	97,73
3/4"	19,000	96,43
5/8"	9,500	93,86
N°4	4,750	92,51
N°10	2,000	91,30
N°20	0,850	89,88
N°40	0,425	88,33
N°60	0,250	86,53
N°100	0,150	81,95
N°200	0,075	80,17



CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA

FINO	ARENA	GRAVA
80,17%	12,33%	7,49%
100,00%		

MÉTODO DE ENSAYO	MULTIPUNTO
PREPARACIÓN DE LA MUESTRA	SECA
% RETENIDO EN EL TAMIZ N°40	11,67

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
% LÍMITE LÍQUIDO	44
% LÍMITE PLÁSTICO	19
% ÍNDICE PLÁSTICO	25

* NO SE REMOVIÓ LENTES DE ARENA
* MUESTRA SECADA AL AIRE DURANTE LA PREPARACIÓN

CLASIFICACIÓN (S.U.C.S.)		CLASIFICACIÓN AASHTO	
CL	ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA	CLASIFICACIÓN DE GRUPO	A-7-5 (2)
		TIPOS USUALES DE MATERIALES CONSTITUYENTES SIGNIFICATIVOS	SUELOS ARCILLOSOS
		CLASIFICACIÓN GENERAL COMO SUBRASANTE	REGULAR A DEFICIENTE

Nota:
Fecha de ensayo : 2020-07-31
Temperatura Ambiente : 15,3 C°
Humedad relativa : 35 %
Año donde se realizó los ensayos : Suelos y Pavimentos - Suelos R y Concreto

OBSERVACION : Muestra e identificación realizadas por el Peticionario.
*Los datos proporcionados por el cliente son los siguientes: Peticionario, Atención, Nombre del proyecto, Ubicación.
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD
LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.
IC-AS-033 REV.05 FECHA: 2020/02/11

INFORME TÉCNICO DESTAMPADO EN L.A.
ÁREA DE CALIFICADO
[Firma]
Mg. Ing. Janet Vargas Andía Arias
INGENIERA CIVIL
CIP 84776

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauroingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015
Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS IN SITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

INFORME

EXPEDIENTE N° : 756-2020-AS REEMPLAZA EL EXPEDIENTE 729-2020-AS
PETICIONARIO : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
ATENCIÓN : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
OBRA : "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA"
UBICACIÓN : AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCIÓN : 24 DE JULIO DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 17 DE AGOSTO DEL 2020

CODIGO : NTP 339.146:2000
TITULO : SUELOS. Método de prueba estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino

EQUIVALENTE DE ARENA

EQUIVALENTE DE ARENA : 20 %

$$\text{Equivalente de arena (EA)} = \frac{\text{lectura de arena}}{\text{lectura de arcilla}} \times 100$$

CÓDIGO DE ORDEN DE TRABAJO: P-049-2020

CALICATA: C1, AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN

MUESTRA: M1

HC-AS-025 REV.05 FECHA: 2020/06/12

* MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADOS POR EL PETICIONARIO

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.S.
ALFONSO DE

Mg. Ing. Janet Yessica Andia Arias
INGENIERA CIVIL
DIP 94175

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSTU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE N° : 759-2020-AS REEMPLAZA EL EXPEDIENTE 738-2020-AS
 PETICIONARIO : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 ATENCION : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA"
 UBICACIÓN : AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 24 DE JULIO DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 17 DE AGOSTO DEL 2020

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C1, AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN

ENSAYO PROCTOR METODO B - MTC E 115								
Altura de caída del pistón (cm):	1,00		45,70		Peso del pistón (Kg):		4,54	
Energía de Compactación modificada (kg-cm/cm ³):	27,5		Número de golpes/capa:		25,00		Volumen del molde (g/cm ³):	
Masa del suelo húmedo + molde (g)		3554,50	3641,50		3712,00		3644,00	
Masa del molde (g)		1697,00	1697,00		1697,00		1697,00	
Peso suelo húmedo compactado (g)		1856	1945		2015		1947	
Peso volumétrico húmedo (g/cm ³)		1,968	2,060		2,135		2,083	
Recipiente N°	G-4	G-9	F-2	F-4	H-15	H-18	H-12	F-5
Masa del suelo húmedo + tara (g)	526,60	683,20	689,60	870,60	644,70	617,80	671,50	586,50
Masa del suelo seco + tara (g)	488,50	632,00	623,70	784,60	573,70	551,80	584,70	508,50
Masa del Recipiente (g)	58,20	58,90	71,90	60,80	86,70	106,80	95,40	72,80
Masa del agua (g)	38,10	51,20	65,90	86,00	71,00	65,90	86,80	78,00
Masa del suelo seco (g)	470,30	573,10	551,80	723,80	487,00	443,10	489,30	435,70
Contenido de agua (%)	8,05	8,93	11,94	11,88	14,56	14,87	17,74	17,90
Porcentaje de contenido de agua obtenido mediante los experimentos	8,99		11,93		14,73		17,82	
Densidad seca (g/cm ³)	1,807		1,841		1,861		1,751	
Humedad Saturación (%)	11,00		17,00		19,00		24,00	
Peso Volumetrico Saturacion	2,052		1,842		1,641		1,583	

DENSIDAD SECA MAXIMA CORREGIDA : 1,863 g/cm³
 CONTENIDO DE AGUA : 14,2 %

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA		
TAMIZ	PARCIAL RETENIDO %	PASA (%)
3"	0,00	100,00
2"	0,00	100,00
3/4"	0,00	100,00
3/8"	0,00	100,00
N°4	17,74	82,26
<N°4	82,26	0,00



OBSERVACION : Muestra remitida por el Peticionario.

* Los datos proporcionados por el Peticionario son los siguientes: peticionario, atención, nombre del proyecto, ubicación, procedencia de la muestra.

HC-AS-007 VER.01 REV.00 FECHA: 2020/03/13

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD

BUREAU VERITAS
 Ing. Janet N. Ariza Arias
 CP 6675

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSTU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE N° : 760-2020-AS REEMPLAZA EL EXPEDIENTE 739-2020-AS
 PETICIONARIO : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 ATENCION : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA"
 UBICACIÓN : AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 24 DE JULIO DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 17 DE AGOSTO DEL 2020

CALICATA : C1, AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN

CBR - MTC E 132

ENSAYO PRELIMINAR PROCTOR MODIFICADO				
Contenido de agua	%	8,894	11,912	14,726
Peso volumetrico seco	g/cm ³	1,807	1,841	1,861

ETAPA DE COMPACTACION			
IDENTIFICACION DEL MOLD	MOLDE I	MOLDE II	MOLDE III
NUMERO DE CAPAS	5,00	5,00	5,00
GOLPES POR CAPA	10,00	25,00	56,00

MUESTRA	SIN SATURAR		SATURADO		SIN SATURAR		SATURADO	
	MOLDE I	MOLDE II	MOLDE I	MOLDE II	MOLDE I	MOLDE II	MOLDE I	MOLDE II
Masa del molde + suelo humedo	8651	9054	8208	8357	9515	9793	9515	9793
Masa del molde	4718,0	4718,0	3803,0	3803,0	4595,5	4595,5	4595,5	4595,5
Masa del suelo humedo	3932,5	4336,0	4404,5	4554,0	4919,5	5197,5	4919,5	5197,5
Volumen del molde	2316,0	2316,0	2316,0	2316,0	2316,0	2316,0	2316,0	2316,0
Densidad humeda	1,698	1,872	1,902	1,966	2,124	2,244	2,124	2,244
% de humedad	14,20	14,20	14,20	14,20	14,20	14,20	14,20	14,20
Densidad seca	1,487	1,639	1,660	1,722	1,860	1,960	1,860	1,960
Tara N°	K-8	L-30	K-19	TM-56	K-24	L-18	K-24	L-18
Tara + suelo humedo	809,1	708,8	653,9	685,8	730,9	632,9	730,9	632,9
Tara + suelo seco	720,0	574,0	583,6	560,0	651,3	535,6	651,3	535,6
Masa del agua	89,1	134,8	70,3	125,8	79,6	97,4	79,6	97,4
Masa de la tara	90,2	95,8	85,9	85,1	90,6	98,0	90,6	98,0
Masa del suelo seco	629,8	478,2	497,7	474,9	560,7	437,6	560,7	437,6
% de humedad	14,15	20,19	14,13	26,50	14,20	22,25	14,20	22,25

CBR AL 100% DE LA M.D.S. % 5,11
 CBR AL 95% DE LA M.D.S. % 4,00
 MDS 1,86
 OCH % CH 14,20

OBSERVACION : Muestra remitida por el Peticionario.

* Los datos proporcionados por el Peticionario son los siguientes: peticionario, atención, nombre del proyecto, ubicación, procedencia de la muestra.

HC-AS-008 VERSIÓN.01 REV.00 FECHA: 2020/03/13

[Firma]
 MSc. Ing. Juan Testa Andía Azua
 Responsable de Lab.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSTU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO Nº 00114425 con Resolución Nº 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE Nº : 760-2020-AS REEMPLAZA EL EXPEDIENTE 739-2020-AS
 PETICIONARIO : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 ATENCION : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA"
 UBICACIÓN : AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 24 DE JULIO DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 17 DE AGOSTO DEL 2020

CALICATA : C1, AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN

ESPECIMEN I (10)		
KN	LBS	LBS/PUL 2
0.071	15.96	5.32
0.101	22.70	7.57
0.127	28.55	9.52
0.147	33.05	11.02
0.157	35.29	11.76
0.174	39.12	13.04
0.194	43.61	14.54
0.235	52.83	17.61
0.265	59.57	19.86
0.280	62.94	20.98

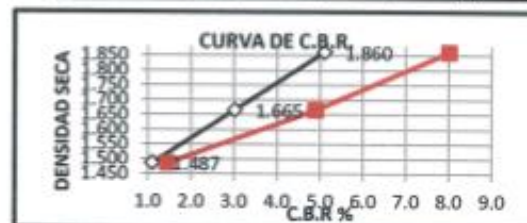
ESPECIMEN II (25)		
KN	LBS	LBS/PUL 2
0.084	18.88	6.29
0.255	57.32	19.11
0.354	79.58	26.53
0.404	90.21	30.23
0.489	109.93	36.64
0.568	127.69	42.56
0.655	147.33	49.08
0.779	175.12	58.37
0.859	193.10	64.37
0.915	205.69	68.56

ESPECIMEN III (56)		
KN	LBS	LBS/PUL 2
0.105	23.69	7.90
0.377	84.84	28.28
0.568	127.64	42.55
0.682	153.25	51.08
0.794	178.49	59.50
0.902	202.72	67.57
1.020	230.45	80.15
1.334	299.88	99.96
1.506	338.55	112.85
1.610	361.93	120.64

C.H.	DENS. SECA
6.04	1.969
9.00	2.014
12.04	1.980
15.22	1.796



Nº GOLPES	% CBR (0.1")	% CBR (0.2")	D.S.
10.00	1.1	1.5	1.487
25.00	3.0	4.9	1.665
56.00	5.1	8.0	1.860



MDS	1.86
95% MDS	1.770
(10) MDS	
	2.54 mm (0.1") 5.08 mm (0.2")
CBR AL 100%	5.1 8.01
CBR AL 95%	4.0 6.50

HC-AS-008 VERSIÓN.01 REV.00 FECHA: 2020/03/13

INGENIERO EN MECÁNICA DE SUELOS
 AREA DE CALIFICADO
 Mg. Ing. Javier Verdú Aullu Arias
 INGENIERO EN SUELOS (C.V.)
 (CIP 9871)

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

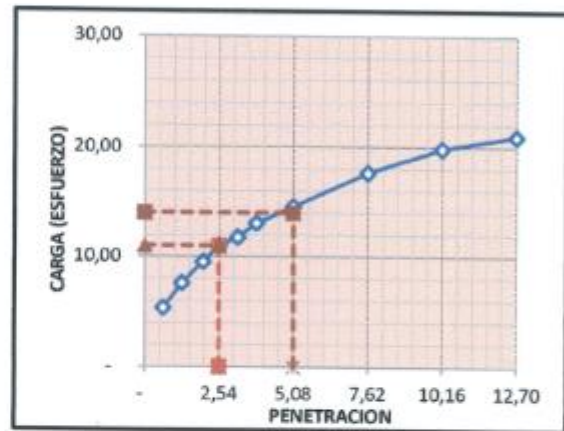
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE N° : 760-2020-AS REEMPLAZA EL EXPEDIENTE 739-2020-AS
 PETICIONARIO : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 ATENCION : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA"
 UBICACIÓN : AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO-DEPARTAMENTO DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 24 DE JULIO DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 17 DE AGOSTO DEL 2020

CALICATA : C1, AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO-DEPARTAMENTO DE JUNÍN

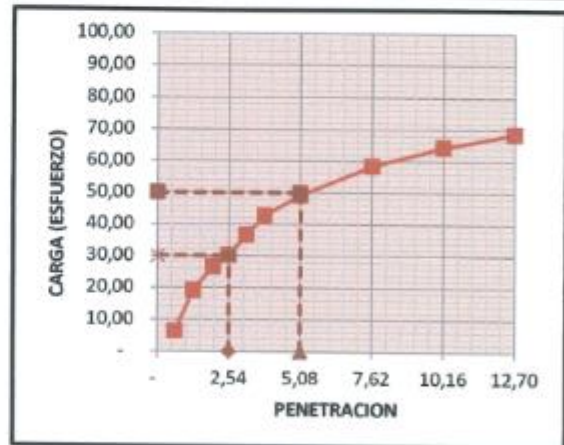
PENETRACION

	KN	LB	AREA	ESFUERZO	P EN
10 GOLPES	0.071	16.0	3.00	5.32	0,63
	0.101	22.7	3.00	7,57	1,27
	0.127	28.5	3.00	9,52	1,99
	0.147	33.0	3.00	11,02	2,54
	0.157	35.3	3.00	11,76	3,17
	0.174	39.1	3.00	13,04	3,81
	0.191	43.0	3.00	14,24	4,52
	0.235	52.8	3.00	17,61	7,62
	0.265	59.6	3.00	19,86	10,16
	0.280	62.9	3.00	20,98	12,70



PENETRACION

	KN	LB	AREA	ESFUERZO	P EN
25 GOLPES	0.084	18,9	3,00	6,29	0,63
	0,255	57,3	3,00	19,11	1,27
	0,354	79,6	3,00	26,53	1,99
	0,404	90,7	3,00	30,24	2,54
	0,489	109,9	3,00	36,64	3,17
	0,568	127,7	3,00	42,56	3,81
	0,655	147,2	3,00	49,08	4,52
	0,779	175,1	3,00	58,37	7,62
	0,859	193,1	3,00	64,37	10,16
	0,915	205,7	3,00	68,56	12,70



HC-AS-008 VERSIÓN.01 REV.00 FECHA: 2020/03/13

INGENIEROS OFICIALES DEL INGENIERO ROBERTO SAC
 AREA DE JUNIN
 Mg. Ing. Jania Yessica Andia Arias
 INGENIERA CIVIL
 CP 8875

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS IN SITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

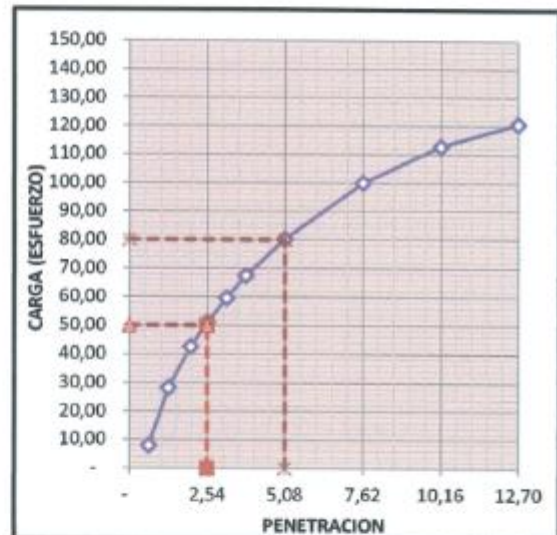
EXPEDIENTE N° : 760-2020-AS REEMPLAZA EL EXPEDIENTE 739-2020-AS
 PETICIONARIO : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 ATENCION : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA"
 UBICACIÓN : AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 24 DE JULIO DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 17 DE AGOSTO DEL 2020

CALICATA : C1, AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN

PENETRACION

KN	LB	AREA	ESFUERZO	P EN
0,105	23,7	3,00	7,90	0,63
0,377	84,8	3,00	28,28	1,27
0,568	127,6	3,00	42,55	1,99
0,682	153,2	3,00	51,08	2,54
0,794	178,5	3,00	59,50	3,17
0,902	202,7	3,00	67,57	3,81
1,070	240,4	3,00	80,15	5,08
1,334	299,9	3,00	99,96	7,62
1,505	338,5	3,00	112,85	10,16
1,610	361,9	3,00	120,64	12,70

INGENIEROS GENERALES CIVILES CENTAURO INGENIEROS S.A.C.
 AREA DE ANALISIS
 Mg. Ing. Janet Nereida Andia Arisax
 INGENIERA CIVIL
 CIP 90775



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-141



Informe de ensayo con valor oficial
Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE SUELOS INFORME

- 1. EXPEDIENTE N° : 812-2020-AS
- 2. PETICIONARIO : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
- 3. ATENCIÓN : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
- 4. PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA"
- 5. UBICACIÓN : AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN
- 6. FECHA DE RECEPCIÓN : 24 DE JULIO DEL 2020
- 7. FECHA DE EMISIÓN : 25 DE AGOSTO DEL 2020

ENSAYO:	MÉTODO:
Contenido de Humedad	NTP 339.127 1998 (REVISADA EL 2015) SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

PÁGINA 1 DE 1

CÓDIGO ORDEN DE TRABAJO	SONDEO	MUESTRA / PROF.	UBICACIÓN	PROFUNDIDAD DE LA CALICATA (m)	TIPO DE MUESTRA	CONDICIÓN DE MUESTRA	MÉTODO	% DE HUMEDAD	MÉTODO DE SECADO
P-049-2020	CALICATA	C1 - CON INCORPORACION DE CENIZA DE 2%	AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ	0.9	SUELO	MUESTRA ALTERADA	± 1%	4	110 °C ± 5

*LOS RESULTADOS SE REPORTAN AL ± 1% .
*LA MUESTRA ENSAYADA CUMPLE CON LA MASA MÍNIMA RECOMENDADA.
*LA MUESTRA ENSAYADA CONTIENE MAS DE UN MATERIAL.
*EN LA MUESTRA ENSAYADA NO SE EXCLUYO NINGÚN DE UN MATERIAL.

NOTA:
Fecha de ensayo : 2020-08-12
Temperatura Ambiente : 15 °C
Humedad relativa : 44 %
Área donde se realizó los ensayos : Suelos I y Pavimentos

OBSERVACION : Muestra remitidas por el Peticionario.

* Los datos proporcionados por el Peticionario son los siguientes: **peticionario, atención, nombre del proyecto, ubicación.**

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y

HC-AS-001 VERSIÓN: 01 REV.01 FECHA: 2020/02/28

Fin de página

INGENIERO EN CIENCIAS EMPRESARIALES
ÁREA DE CALIDAD

Mg. Ingrid Aranda Arias
INGENIERA EN CALIDAD
CIP 82718

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



CENTAURO INGENIEROS
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-141



Informe de ensayo con valor oficial
Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS, CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE SUELOS INFORME

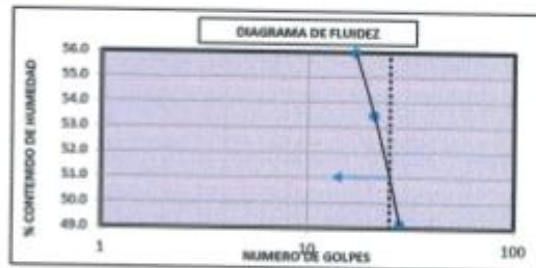
1. EXPEDIENTE N°	: 809-2020-AS
2. PETICIONARIO	: BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICHA
3. ATENCIÓN	: BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICHA
4. PROYECTO	: "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA"
5. UBICACIÓN	: AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN
6. FECHA DE RECEPCIÓN	: 24 DE JULIO DEL 2020
7. FECHA DE EMISIÓN	: 25 DE AGOSTO DEL 2020

Código orden de Trabajo : P-049-2020	Sondeo : C1 (0,00 m - 0,90 m) con incorporación de ceniza del 2%	Profundidad (m) : 0,90
Tipo de material : Suelo	Condiciones de muestra: Muestra Alterada	Ubicación : Av. La Esperanza - Villa Perené

INDICACION: Análisis granulométrico por tamizado	MÉTODO: NTP 316.128 (2009) (revisado el 2020) SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
Unidad de Consistencia	NTP 316.129 (2009) (revisado el 2020) SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.
Clasificación SUCS	NTP 316.134 (2009) (revisado el 2020) Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS)
Clasificación AASHTO	NTP 316.135 (2009) (revisado el 2020) Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% QUE PASA
3"	75.000	100.00
2"	50.000	100.00
1 1/2"	37.500	100.00
1"	25.000	100.00
3/4"	19.000	100.00
5/8"	9.500	100.00
N°4	4.750	99.94
N°10	2.000	98.21
N°20	0.850	96.17
N°40	0.425	94.58
N°60	0.250	91.95
N°100	0.150	89.17
N°200	0.075	89.17

FINO	ARENA	GRAVA
83.17%	16.77%	0.06%
100.00%		



MÉTODO DE ENSAYO	MULTIPUNTO
PREPARACIÓN DE LA MUESTRA	SECA
% RETENIDO EN EL TAMIZ N°40	5.42

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
% LÍMITE LÍQUIDO	51
% LÍMITE PLÁSTICO	22
% ÍNDICE PLÁSTICO	29
* NO SE REMOVIÓ LENTES DE ARENA	
* MUESTRA SECADA AL AIRE DURANTE LA PREPARACIÓN	

CLASIFICACIÓN (S.U.C.S)		CLASIFICACIÓN AASHTO	
CH	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD CON ARENA	CLASIFICACIÓN DE GRUPO	A-7-6 (25)
		TIPOS USUALES DE MATERIALES CONSTITUYENTES SIGNIFICATIVOS	SUELOS ARCILLOSOS
		CLASIFICACIÓN GENERAL COMO SUBRASANTE	REGULAR A DEFICIENTE

Nota:
Fecha de ensayo : 2020-08-18
Temperatura Ambiente : 20,9 C°
Humedad relativa : 29 %
Área donde se realizó los ensayos : Suelos y Pavimentos - Suelos F y Concreto

OBSERVACION: Muestra e identificación realizados por el Peticionario.

*Los datos proporcionados por el cliente son los siguientes: Peticionario, Atención, Nombre del proyecto, Ubicación.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-45-033 REV.05 FECHA: 2020/02/11

WILIAMO HERRERA DEL CARMEN S.A.
AREA DE CALIDAD
[Firma]
Ing. Ing. Janet Veronica Andia Arias
INGENIERA CIVIL

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS IN SITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

INFORME

EXPEDIENTE N° : 777-2020-AS
PETICIONARIO : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
ATENCION : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA"
UBICACIÓN : AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCION : 24 DE JULIO DEL 2020
FECHA DE EMISION : 19 DE AGOSTO DEL 2020

CODIGO : NTP 339.146:2000
TITULO : SUELOS. Método de prueba estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino
COMITÉ : CTN 005: Geotecnia
TITULO (EN) : Soils. Standard test method for sand equivalent value of soils and fine aggregate

EQUIVALENTE DE ARENA

EQUIVALENTE DE ARENA : **3** %

$$\text{Equivalente de arena (EA)} = \frac{\text{lectura de arena}}{\text{lectura de arcilla}} \times 100$$

CÓDIGO DE ORDEN DE TRABAJO: P-040-2020
CALICATA: C1, CON INCORPORACIÓN DE CENIZA DE 2%, AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN
MUESTRA: M1

HC-AS-025 REV.05 FECHA: 2020/06/12

* MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD
LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

INGENIEROS GENERALES CENTAURO INGENIEROS S.A.S.
AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ

MSc. ING. YANINE YESSICA ARIAS ARIZA
INGENIERA CIVIL
CIP 88719

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS IN SITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE N° : 769-2020-AS
 PETICIONARIO : BACH, ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 ATENCION : BACH, ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 PROYECTO : *MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA*
 UBICACIÓN : AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 24 DE JULIO DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 19 DE AGOSTO DEL 2020

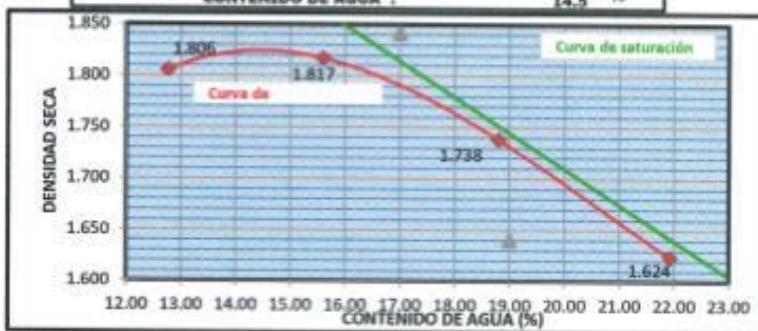
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C1, CON INCORPORACIÓN DE CENIZA DE 2%, AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN

ENSAYO PROCTOR METODO B - MTC E 115											
Nro de capas:	5.00	Altura de caída del pistón (cm):		43.72	Peso del pistón (Kg):		4.54	Volumen del molde (cm ³):		944	
Energía de Compactación modificada (kg-cm/cm ³):			27.2			Número de golpes/capac:		25.00		Gravedad Especifica G/tamaño:	2.68
Masa del suelo húmedo + molde	(g)	3619.00		3680.00		3646.50		3566.00			
Masa del molde	(g)	1697.00		1697.00		1697.00		1697.00			
Peso suelo húmedo compactado	(g)	1922		1983		1950		1869			
Peso volumétrico húmedo	(g/cm ³)	2.035		2.101		2.065		1.980			
Recipiente N°		L-03	TM-45	L-46	TM-61	L-33	L-57	S-1	TM-01		
Masa del suelo húmedo + tara	(g)	670.90	792.20	724.90	1070.30	794.50	657.00	593.20	635.70		
Masa del suelo seco + tara	(g)	606.20	632.70	638.50	941.80	609.30	568.40	504.00	537.20		
Masa del Recipiente	(g)	96.00	91.80	97.70	97.80	102.70	97.30	99.10	86.00		
Masa del agua	(g)	64.70	69.50	86.40	128.50	95.20	88.60	89.20	98.50		
Masa del suelo seco	(g)	510.20	540.90	540.80	844.00	506.60	471.10	404.90	451.20		
Contenido de agua	(%)	12.68	12.85	15.98	15.23	18.79	18.81	22.03	21.83		
Promedio de contenido de agua	(%)	12.77		15.60		18.80		21.93			
Densidad nominal del espécimen compactado	(g/cm ³)	1.806		1.817		1.738		1.624			
Humedad Saturación	(%)	11.00		17.00		19.00		25.00			
Peso Volumétrico Saturación		2.052		1.842		1.641		1.583			

DENSIDAD SECA MÁXIMA CORREGIDA : 1.825 g/cm³
 CONTENIDO DE AGUA : 14.5 %

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA		
TAMIZ	PARCIAL RETENIDO (%)	PASA (%)
3"	0.00	100.00
2"	0.00	100.00
3/4"	0.00	100.00
3/8"	0.00	100.00
N°4	17.74	82.26
<N°4	82.26	0.00



OBSERVACION : Muestra remitida por el Peticionario.

* Los datos proporcionados por el Peticionario son los siguientes: peticionario, atención, nombre del proyecto, ubicación, procedencia de la muestra.

HC-AS-007 VER.01 REV.00 FECHA: 2020/03/13

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD

MIRIAM GONZALEZ DELgado GONZALEZ S.A.C.
 AVILA DE CASTILLA
 Mg. Ing. Janet Yesenia Anllia Arias
 INGENIERA EN MECANICA DE SUELOS
 CP 9075

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junin (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015
 Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS IN/SITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE N° : 770-2020-AS
 PETICIONARIO : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 ATENCION : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA"
 UBICACIÓN : AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENE DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 24 DE JULIO DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 19 DE AGOSTO DEL 2020

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C1, CON INCORPORACION DE CENIZA DE 2%, AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENE DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN

CBR - MTC E 132

ENSAYO PRELIMINAR PROCTOR MODIFICADO					
Contenido de agua	%	12.765	15.601	18.799	21.930
Peso volumetrico seco	g/cm ²	1.806	1.817	1.738	1.624

ETAPA DE COMPACTACION			
IDENTIFICACION DEL MOLD	MOLDE I	MOLDE II	MOLDE III
NUMERO DE CAPAS	5.00	5.00	5.00
GOLPES POR CAPA	10.00	25.00	56.00

MUESTRA	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Masa del molde + suelo humedo	8547	8908	8392	9197	8808	8920
Masa del molde	4536.5	4536.5	3992.0	3992.0	3950.0	3950.0
Masa del suelo humedo	4010.5	4371.5	4399.5	5205.0	4858.5	4970.0
Volumen del molde	2316.0	2316.0	2316.0	2316.0	2316.0	2316.0
Densidad humeda	1.732	1.888	1.900	2.247	2.097	2.146
% de humedad	14.50	14.50	14.50	14.50	14.50	14.50
Densidad seca	1.912	1.848	1.859	1.963	1.831	1.824
Tara N°	TM-30	I-8	L-56	I-10	L-67	H-18
Tara + suelo humedo	935.8	764.3	777.5	777.2	969.8	613.3
Tara + suelo seco	826.4	622.2	690.8	635.8	863.2	509.1
Masa del agua	107.4	142.1	86.7	141.4	106.6	104.2
Masa de la tara	90.2	84.0	90.7	79.9	108.2	109.1
Masa del suelo seco	738.2	538.2	594.1	555.9	755.0	400.0
% de humedad	14.55	26.40	14.50	25.44	14.12	26.05

CBR AL 100% DE LA M.D.S. % 8.06
 CBR AL 95% DE LA M.D.S. % 6.00
 MDS 1.83
 OCH % CH 14.50

OBSERVACION : Muestra remitida por el Peticionario.

* Los datos proporcionados por el Peticionario son los siguientes: peticionario, atención, nombre del proyecto, ubicación, procedencia de la muestra.

HC-AS-008 VERSIÓN.01 REV.00 FECHA: 2020/03/13

INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 AGRA DEL PERU

 Ing. Jairo Yesica Andia Arias
 INGENIERO CIVIL
 CIP 60773

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSTU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO Nº 00114425 con Resolución Nº 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE Nº : 770-2020-AS
 PETICIONARIO : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 ATENCION : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA"
 UBICACIÓN : AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 24 DE JULIO DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 19 DE AGOSTO DEL 2020

CALICATA : C1, CON INCORPORACIÓN DE CENIZA DE 2%, AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN

ESPECIMEN I (10)		
KN	LBS	LBS/PUL 2
0.110	24.73	8.24
0.162	36.42	12.14
0.198	44.51	14.84
0.222	49.31	16.64
0.245	55.08	18.36
0.270	60.70	20.23
0.296	66.64	22.18
0.359	80.70	26.90
0.410	92.17	30.77
0.469	105.43	35.14

ESPECIMEN II (25)		
KN	LBS	LBS/PUL 2
0.220	49.36	16.49
0.374	84.08	28.03
0.514	115.55	38.57
0.602	135.33	45.11
0.678	152.41	50.80
0.728	163.65	54.55
0.822	183.29	61.66
0.922	207.37	69.09
1.016	228.40	76.13
1.102	247.73	82.58

ESPECIMEN III (56)		
KN	LBS	LBS/PUL 2
0.224	50.36	16.79
0.680	152.86	50.95
0.944	212.21	70.74
1.076	241.88	80.63
1.144	257.17	85.72
1.248	280.55	93.57
1.348	303.03	101.01
1.544	347.09	115.70
1.644	369.57	123.19
1.712	384.86	128.79

C.H.	DENS. SECA
6.04	1.969
9.00	2.014
12.04	1.980
15.22	1.796



Nº GOLPES	% CBR (0.1")	% CBR (0.2")	D.S.
10.00	1.7	2.2	1.512
25.00	4.5	6.2	1.659
56.00	8.1	10.1	1.831



MDS	1.83
95% MDS	1.734
(10) MDS	
	2.54 mm (0.1") 5.08 mm (0.2")
CBR AL 100%	8.1 10.10
CBR AL 95%	6.0 7.50

HC-AS-008 VERSIÓN.01 REV.00 FECHA: 2020/03/13

MEDIDAS GENERALES DE CALIDAD
 AREA DE CALIDAD
 Mg. Ing. Jairo Torres Anllia Arias
 INGENIERO CIVIL
 CP 6175

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



CENTAURO INGENIEROS
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
PERUANO DE ACREDITACION INACAL – DA CON REGISTRO N° LE-141



Resolución N° 141

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

Informe de ensayo con valor oficial

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

LABORATORIO DE SUELOS

INFORME

- | | |
|------------------------------|--|
| 1. EXPEDIENTE N° | : 813-2020-AS |
| 2. PETICIONARIO | : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA |
| 3. ATENCIÓN | : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA |
| 4. PROYECTO | : "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA" |
| 5. UBICACIÓN | : AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN |
| 6. FECHA DE RECEPCIÓN | : 24 DE JULIO DEL 2020 |
| 7. FECHA DE EMISIÓN | : 25 DE AGOSTO DEL 2020 |

ENSAYO:	MÉTODO:
Contenido de Humedad	NTP 339.127 1998 (REVISADA EL 2019) SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

PÁGINA 1 DE 1

CÓDIGO ORDEN DE TRABAJO	SONDEO	MUESTRA / PROP.	UBICACIÓN	PROFUNDIDAD DE LA CALICATA (m)	TIPO DE MUESTRA	CONDICIÓN DE MUESTRA	MÉTODO	% DE HUMEDAD	MÉTODO DE SECADO
P-049-2020	CALICATA	C1 - CON INCORPORACION DE CENIZA DE 4%	AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ	0,9	SUELO	MUESTRA ALTERADA	± 1%	3	110 °C ± 5

*LOS RESULTADOS SE REPORTAN AL ± 1% .

*LA MUESTRA ENSAYADA CUMPLE CON LA MASA MÍNIMA RECOMENDADA.

*LA MUESTRA ENSAYADA CONTIENE MAS DE UN MATERIAL.

*EN LA MUESTRA ENSAYADA NO SE EXCLUYO NINGÚN DE UN MATERIAL.

NOTA:

Fecha de ensayo : 2020-08-12

Temperatura Ambiente : 15 °C

Humedad relativa : 44 %

Área donde se realizó los ensayos : Suelos I y Pavimentos

OBSERVACION : Muestra remitidas por el Peticionario.

* Los datos proporcionados por el Peticionario son los siguientes: **peticionario, atención, nombre del proyecto, ubicación.**

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y

HC-AS-001 VERSIÓN: 01 REV.01 FECHA: 2020/02/28

Fin de página

RESPONSABLE TÉCNICO
ÁREA DE CALIDAD

Ing. Ing. Jairo Estrella Andía Arias
INGENIERO EN MECÁNICA DE SUELOS
CIP 5071

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Tel. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



CENTAURO INGENIEROS
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-141



Resolución N° LE-141

Informe de ensayo con valor oficial

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

LABORATORIO DE SUELOS INFORME

1. EXPEDIENTE N°	: 810-2020-A5
2. PETICIONARIO	: BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
3. ATENCIÓN	: BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
4. PROYECTO	: "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA"
5. UBICACIÓN	: AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN
6. FECHA DE RECEPCIÓN	: 24 DE JULIO DEL 2020
7. FECHA DE EMISIÓN	: 19 DE AGOSTO DEL 2020

Código orden de Trabajo : P-049-2020	Sondeo : C1 (0,00 m - 0,30 m) con incorporación de ceniza del 4%	Profundidad (m) : 0,90
Tipo de material : Suelo	Condiciones de muestra: Muestra Alterada	Ubicación : Av. La Esperanza - Villa Perené

ENSAYOS	MÉTODOS
Análisis granulométrico por tamizado	NTP 220.120.1999 (revisado el 2020) SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
Unión de Consistencia	NTP 220.120.1999 (revisado el 2020) SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.
Clasificación SUCC	NTP 220.124.1999 (revisado el 2020) Método para la clasificación de suelos con propiedades de ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCC)
Clasificación AASHTO	NTP 220.126.1999 (revisado el 2020) Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% QUE PASA
3"	75.000	100.00
2"	50.000	100.00
1 1/2"	37.500	100.00
1"	25.000	100.00
3/4"	19.000	100.00
3/8"	9.500	100.00
Nº4	4.750	99.97
Nº10	2.000	99.32
Nº20	0.850	98.64
Nº40	0.425	97.37
Nº60	0.250	95.21
Nº100	0.150	90.99
Nº200	0.075	88.51



FINO	ARENA	GRAVA
88.51%	11.46%	0.03%
100.00%		

MÉTODO DE ENSAYO	MULTIPUNTO
PREPARACIÓN DE LA MUESTRA	SECA
% RETENIDO EN EL TAMIZ Nº40	2.63

% LÍMITE LÍQUIDO	51
% LÍMITE PLÁSTICO	23
% ÍNDICE PLÁSTICO	28
* NO SE REMOVIÓ LENTES DE ARENA	
* MUESTRA SECADA AL AIRE DURANTE LA PREPARACIÓN	

CLASIFICACIÓN (S.U.C.S)		CLASIFICACIÓN AASHTO	
CH	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD	CLASIFICACIÓN DE GRUPO	A-7-6 (Z5)
		TIPOS USUALES DE MATERIALES	SUELOS ARCILLOSOS
		CONSTITUYENTES SIGNIFICATIVOS	
		CLASIFICACIÓN GENERAL COMO SUBRASANTE	REGULAR A DEFICIENTE

Nota:
Fecha de ensayo : 2020-08-18
Temperatura Ambiente : 22 C°
Humedad relativa : 24 %
Área donde se realizó los ensayos : Suelos y Pavimentos - Suelos II y Concreto

OBSERVACIÓN: Muestra e identificación realizadas por el Peticionario.

*Los datos proporcionados por el cliente son los siguientes: Peticionario, Atención, Nombre del proyecto, Ubicación.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBERN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CUENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-A5-003 REV.05 FECHA: 2020/02/11

INSTITUTO NACIONAL DE Acreditación y Certificación

Ing. Inge. Víctor Manuel Anillo Araya

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junin (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS INSTU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO Nº 00114425 con Resolución Nº 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

INFORME

EXPEDIENTE Nº : 778-2020-AS
PETICIONARIO : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
ATENCION : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
OBRA : "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA"
UBICACIÓN : AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCION : 24 DE JULIO DEL 2020
FECHA DE EMISION : 19 DE AGOSTO DEL 2020

CODIGO : NTP 339.146:2000
TITULO : SUELOS. Método de prueba estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino
COMITÉ : CTN 005: Geotecnia
TITULO (E) : Soils. Standard test method for sand equivalent value of soils and fine aggregate

EQUIVALENTE DE ARENA

EQUIVALENTE DE ARENA : 12 %

$$\text{Equivalente de arena (EA)} = \frac{\text{lectura de arena}}{\text{lectura de arcilla}} \times 100$$

CÓDIGO DE ORDEN DE TRABAJO: P-040-2020

CALICATA: C1, CON INCORPORACIÓN DE CENIZA DE 4%, AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN

MUESTRA: M1

HC-AS-025 REV.05 FECHA: 2020/06/12

* MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

INGENIERO GENERAL DE OBRAS Y PAVIMENTOS
ARIELA U. P.

Mg. Ing. Janet Yesica Andia Arias
INGENIERA CIVIL
(CP 4471)

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
iv. Mariscal Castilla Nº 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964868015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPBS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS IN SITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE N° : 771-2020-AS
 PETICIONARIO : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 ATENCION : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA"
 UBICACIÓN : AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 24 DE JULIO DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 19 DE AGOSTO DEL 2020

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C1, CON INCORPORACIÓN DE CENIZA DE 4%, AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN

ENSAYO PROCTOR METODO B - MTC E 115										
Altura de capa:	5.00	Altura de caída del golpe (cm):	45.72	Peso del golpe (Kg):	4.54	Volumen del molde (cm ³):				944
Energía de Compactación modificada (kg-cm/cm ³):	27.5			Número de golpes/capa:	25.00	Gravedad Específica S/tamaño:				2.68
Masa del suelo húmedo + molde (g)	3755.00				3880.00	3909.00				3850.50
Masa del molde (g)	1930.00				1930.00	1930.00				1930.00
Peso suelo húmedo compactado (g)	1825				1950	1979				1921
Peso volumétrico húmedo (g/cm ³)	1.933				2.066	2.096				2.034
Recipiente N°	L-49	TM-51	TM-12	TM-30	L-15	TM-51	L-62			L-49
Masa del suelo húmedo + tara (g)	738.00	776.60	683.50	825.70	765.00	915.70	777.50			646.00
Masa del suelo seco + tara (g)	686.10	731.10	619.10	743.00	677.60	806.30	672.20			559.00
Masa del Recipiente (g)	93.00	89.00	108.20	87.10	99.50	89.00	96.10			93.00
Masa del agua (g)	51.90	45.50	64.40	82.70	87.40	109.40	105.30			87.00
Masa del suelo seco (g)	593.10	642.10	510.90	655.90	578.10	717.30	574.10			466.00
Contenido de agua (%)	8.75	7.09	12.61	12.61	15.12	15.25	18.34			18.67
Promedio de contenido de agua (ponderar húmedo del espécimen ensayado) (%)	7.92		12.61		15.19		18.31			
Densidad seca (g/cm ³)	1.791		1.834		1.820		1.717			
Humedad Saturación (%)	11.00		17.00		19.00		25.00			
Peso Volumétrico Saturación	2.052		1.842		1.641		1.563			

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA		
TAMIZ	PARCIAL RETENIDO (%)	PASA (%)
3"	0.00	100.00
2"	0.00	100.00
3/4"	0.00	100.00
3/8"	0.00	100.00
N°4	17.74	82.26
<N°4	82.26	0.00



OBSERVACION : Muestra remitida por el Peticionario.
 * Los datos proporcionados por el Peticionario son los siguientes: Peticionario, Atencion, Nombre del Proyecto, Ubicación, procedencia de la muestra.

HC-AS-007 VER.01 REV.00 FECHA: 2020/03/13

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD

GRUPO CENTAURO INGENIEROS S.A.S.
 AREA DE CALIDAD
 Mg. Ing. Janet Patricia Andía Arias
 Ing. Patricia Andía Arias
 CP 8075

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992675860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS IN SITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE N° : 772-2020-AS
 PETICIONARIO : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 ATENCION : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA"
 UBICACIÓN : AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 24 DE JULIO DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 19 DE AGOSTO DEL 2020

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C1, CON INCORPORACIÓN DE CENIZA DE 4%, AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN

CBR - MTC E 132

ENSAYO PRELIMINAR PROCTOR MODIFICADO						
Control de agua	%	7.918	7.607	15.185	18.506	
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.791	1.834	1.820	1.717	
ETAPA DE COMPACTACION						
IDENTIFICACION DEL MOLDE		MOLDE I	MOLDE II	MOLDE III		
NUMERO DE CAPAS		5.00	5.00	5.00		
GOLPES POR CAPA		10.00	25.00	56.00		
MUESTRA						
	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Masa del molde + suelo humedo	8736	9112	9105	9197	9421	9558
Masa del molde	4718.0	4718.0	4668.0	4668.0	4604.0	4604.0
Masa del suelo humedo	4017.5	4394.0	4437.4	4529.0	4817.0	4954.0
Volumen del molde	2316.0	2316.0	2316.0	2316.0	2316.0	2316.0
Densidad humeda	1.735	1.897	1.916	1.956	2.080	2.139
% de humedad	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
Densidad seca	1.535	1.679	1.698	1.731	1.841	1.903
Tara N°	TM-62	H-17	TM-01	I-17	TM-64	I-15
Tara + suelo humedo	706.6	716.7	876.0	773.2	596.4	655.4
Tara + suelo seco	633.6	572.5	784.4	642.3	537.1	564.6
Masa del agua	73.0	144.2	91.6	130.9	59.3	90.8
Masa de la tara	84.8	101.8	86.0	85.4	87.1	86.1
Masa del suelo seco	548.8	470.7	698.4	556.9	450.0	478.5
% de humedad	13.30	30.64	13.12	23.51	13.18	18.98

CBR AL 100% DE LA M.D.S. % 13.50
 CBR AL 95% DE LA M.D.S. % 9.70
 MDS % 1.84
 OCH % CH 13.00

OBSERVACION : Muestra remitida por el Peticionario.

* Los datos proporcionados por el Peticionario son los siguientes: peticionario, atención, nombre del proyecto, ubicación, procedencia de la muestra.

HC-AS-008 VERSIÓN.01 REV.00 FECHA: 2020/03/13

INSTITUTO GENERAL DE SERVICIOS S.A.C.
 AREA DE CALIDAD

 Mg. Ing. Janet Yacirca Arellano
 Responsable Civil
 CIP 18775

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauroingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015
 Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, OPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS IN SITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE N° : 772-2020-AS
 PETICIONARIO : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 ATENCION : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA"
 UBICACIÓN : AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 24 DE JULIO DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 19 DE AGOSTO DEL 2020

CALICATA : C1, CON INCORPORACIÓN DE CENIZA DE 4%, AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN

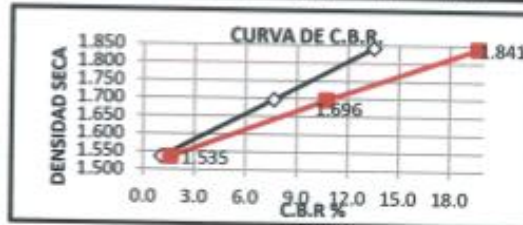
ESPECIMEN I (10)		
KN	LBS	LBS/PUL 2
0.060	13.29	4.50
0.097	21.81	7.27
0.128	28.77	9.59
0.164	37.37	10.79
0.165	37.09	12.36
0.188	42.26	14.09
0.219	49.01	16.33
0.266	59.80	19.93
0.306	68.79	22.93
0.349	78.46	26.14

C.H.	DENS. SECA
6.04	1.969
9.00	2.014
12.04	1.980
15.22	1.796



ESPECIMEN II (75)		
KN	LBS	LBS/PUL 2
0.303	68.11	22.70
0.653	146.68	48.89
0.858	192.88	63.29
1.023	229.37	73.48
1.158	260.32	86.77
1.259	282.91	94.30
1.494	332.36	107.45
1.672	375.75	125.25
1.874	421.28	140.43
2.074	466.24	155.41

N° GOLPES	% C.B.R. (0.1")	% C.B.R. (0.2")	D.S.
10.00	1.1	1.6	1.535
25.00	7.7	10.7	1.696
56.00	13.5	19.7	1.841



ESPECIMEN III (56)		
KN	LBS	LBS/PUL 2
0.853	191.75	63.92
1.315	295.61	98.54
1.559	350.46	116.82
1.802	405.08	135.03
2.100	472.08	157.36
2.310	519.29	173.10
2.524	589.88	196.63
3.272	735.55	245.18
3.587	806.36	268.79
3.773	848.17	282.72

MDS	1.84
95%MDS	1.743
(10) MDS	
CBR AL 100%	2.54 mm (0.1") 5.08 mm (0.2")
	13.5 19.66
CBR AL 95%	9.7 13.70

HC-AS-008 VERSIÓN.01 REV.00 FECHA: 2020/03/13

WOMENOS OBREROS ENFERMOS S.R.L.
 AGRO S.R.L. CALICATA
 Mg. Ing. Juan Manuel Andía Arias
 INGENIERO CIVIL
 O.P. 84716

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



CENTAURO INGENIEROS
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
PERUANO DE ACREDITACION INACAL – DA CON REGISTRO N° LE-141



Registro N° LE-141

Informe de ensayo con valor oficial

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

LABORATORIO DE SUELOS

INFORME

- | | |
|-----------------------|--|
| 1. EXPEDIENTE N° | : 814-2020-AS |
| 2. PETICIONARIO | : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA |
| 3. ATENCIÓN | : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA |
| 4. PROYECTO | : "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA" |
| 5. UBICACIÓN | : AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN |
| 6. FECHA DE RECEPCIÓN | : 24 DE JULIO DEL 2020 |
| 7. FECHA DE EMISIÓN | : 25 DE AGOSTO DEL 2020 |

ENSAYO:	MÉTODO:
Contenido de Humedad	NTP 339.127 1998 (REVISADA EL 2019) SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

PÁGINA 1 DE 1

CÓDIGO ORDEN DE TRABAJO	SONDEO	MUESTRA / PROF.	UBICACIÓN	PROFUNDIDAD DE LA CALICATA (m)	TIPO DE MUESTRA	CONDICIÓN DE MUESTRA	MÉTODO	% DE HUMEDAD	MÉTODO DE SECADO
P-049-2020	CALICATA	C1 - CON INCORPORACION DE CENIZA DE 8%	AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ	0,9	SUELO	MUESTRA ALTERADA	± 1%	2	110 °C ± 5

- *LOS RESULTADOS SE REPORTAN AL ± 1% .
- *LA MUESTRA ENSAYADA CUMPLE CON LA MASA MÍNIMA RECOMENDADA.
- *LA MUESTRA ENSAYADA CONTIENE MAS DE UN MATERIAL.
- *EN LA MUESTRA ENSAYADA NO SE EXCLUYO NINGÚN DE UN MATERIAL.

NOTA:

Fecha de ensayo : 2020-08-12
Temperatura Ambiente : 15 °C
Humedad relativa : 44 %
Área donde se realizó los ensayos : Suelos I y Pavimentos

OBSERVACION : Muestra remitidas por el Peticionario.

* Los datos proporcionados por el Peticionario son los siguientes: peticionario, atención, nombre del proyecto, ubicación.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD.

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y

HC-AS-001 VERSIÓN: 01 REV.01 FECHA: 2020/02/28

Fin de página

INGENIERO EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
Mg. Ing. Jhony Ricardo Andino Arias
REGISTRO PROFESIONAL N° 10000
CIP 18775

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauro ingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964866015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS



CENTAURO INGENIEROS
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO
PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-141



Resolución N° LC - 141

Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

Informe de ensayo con valor oficial

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

LABORATORIO DE SUELOS
INFORME

1. EXPEDIENTE N°	: B11-2020-A5
2. PETICIONARIO	: BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICHA
3. ATENCIÓN	: BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICHA
4. PROYECTO	: "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA"
5. UBICACIÓN	: AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN
6. FECHA DE RECEPCIÓN	: 24 DE JULIO DEL 2020
7. FECHA DE EMISIÓN	: 25 DE AGOSTO DEL 2020

Código orden de Trabajo : P-049-2020	Sondeo : C1 (0,00 m - 0,90 m) con incorporación de ceniza del 8%	Profundidad (m) : 0,90
Tipo de material : Suelo	Condiciones de muestra: Muestra Alterada	Ubicación : Av. La Esperanza - Villa Perené

ENSAYOS:	MÉTODOS:
Análisis Granulométrico por tamizado	NTP 435.128.1000 (revisada el 2010) SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
Límites de Consistencia	NTP 430.129.2000 (revisada el 2010) SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.
Clasificación S.U.C.S.	NTP 330.134.1000 (revisada el 2010) Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos, S.U.C.S.)
Clasificación AASHTO	NTP 600.181.1000 (revisada el 2010) Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% QUE PASA
3"	75.000	100.00
2"	50.000	100.00
1 1/2"	37.500	100.00
1"	25.000	100.00
3/4"	19.000	100.00
1/2"	9.500	100.00
N°4	4.750	99.84
N°10	2.000	95.49
N°20	0.850	92.11
N°40	0.425	90.56
N°60	0.250	89.43
N°100	0.150	85.90
N°200	0.075	84.30



FINO	ARENA	GRAVA
84.30%	15.54%	0.16%
100.00%		

MÉTODO DE ENSAYO	MULTIPUNTO
PREPARACIÓN DE LA MUESTRA	SECA
% RETENIDO EN EL TAMIZ N°40	9.44

LÍMITES DE CONSISTENCIA	
% LÍMITE LÍQUIDO	52
% LÍMITE PLÁSTICO	25
% ÍNDICE PLÁSTICO	27

* NO SE REMOVIÓ LÉNTES DE ARENA
* MUESTRA SECADA AL AIRE DURANTE LA PREPARACIÓN

CLASIFICACIÓN (S.U.C.S.)		CLASIFICACIÓN AASHTO	
CH	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD CON ARENA	CLASIFICACIÓN DE GRUPO	A-7-6 (24)
		TIPOS USUALES DE MATERIALES CONSTITUYENTES SIGNIFICATIVOS	SUELOS ARCILLOSOS
		CLASIFICACIÓN GENERAL COMO SUBRASANTE	REGULAR A DEFICIENTE

Nota:
Fecha de ensayo : 2020-08-19
Temperatura Ambiente : 18 C°
Humedad relativa : 28 %
Área donde se realizó los ensayos : Suelos y Pavimentos - Suelos II y Concreto

OBSERVACION: Muestreo e identificación realizados por el Peticionario.

*Los datos proporcionados por el cliente son los siguientes: Peticionario, Atención, Nombre del proyecto, Ubicación.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

HC-AS-018 REV.05 FECHA: 2020/02/11

INSTITUTO NACIONAL DE Acreditación y Certificación S.A.S.
ÁREA DE CALIDAD

[Firma]
Ing. Ing. Janet Tzucua Andia Arias
Ingeniera de Suelos

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauroingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN RICAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIAMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS IN SITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES CENTAURO INGENIEROS LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

INFORME

EXPEDIENTE N° : 779-2020-AS
PETICIONARIO : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
ATENCION : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
OBRA : "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA"
UBICACIÓN : AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN
FECHA DE RECEPCION : 24 DE JULIO DEL 2020
FECHA DE EMISION : 19 DE AGOSTO DEL 2020

CODIGO : NTP 339.146:2000
TITULO : SUELOS. Método de prueba estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino
COMITÉ : CTN 005: Geotecnia
TITULO (EN) : Soils. Standard test method for sand equivalent value of soils and fine aggregate

EQUIVALENTE DE ARENA

EQUIVALENTE DE ARENA : 18 %

$$\text{Equivalente de arena (EA)} = \frac{\text{lectura de arena}}{\text{lectura de arcilla}} \times 100$$

CÓDIGO DE ORDEN DE TRABAJO: P-040-2020
CALICATA: C1, CON INCORPORACIÓN DE CENIZA DE 8%, AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN
MUESTRA: M1

HC-AS-025 REV.05 FECHA: 2020/06/12

* MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO
* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD
LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE LAS MUESTRAS PROPORCIONADAS POR EL CLIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

INGENIERO GENERAL DE SISTEMAS DE CALIDAD

Mg. Ing. Janet Yessica Andia Arias
INGENIERA EN CALIDAD

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS
- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOTÉCNICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN OMMANTINAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS IN SITU



inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE N° : 773-2020-AS
 PETICIONARIO : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 ATENCION : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA"
 UBICACIÓN : AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 24 DE JULIO DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 19 DE AGOSTO DEL 2020

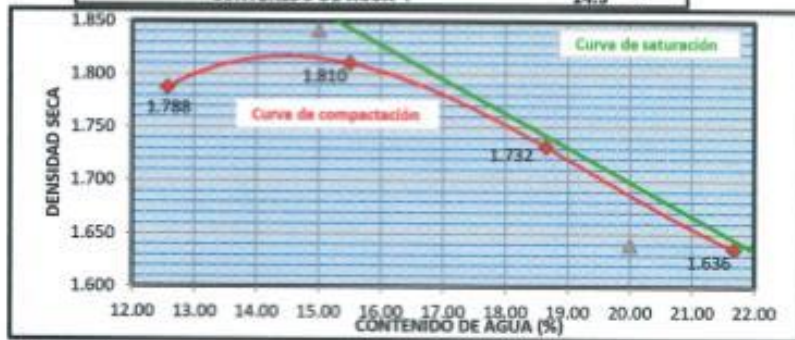
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C1, CON INCORPORACIÓN DE CENIZA DE 8%, AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN

ENSAYO PROCTOR METODO B - MTC E 115										
Tiro de capas:	5.00	Altura de caída del pistón (cm):		45.72	Peso del pistón (kg):		4.54	Volumen del molde (cm ³):		944
Energía de Compactación modificada (kg-cm/cm ³):	27.5			Número de golpes/capa:		25.00		Gravedad Específica S/tamaño:		2.67
Masa del suelo húmedo + molde (g)	3597.50	3671.50		3637.50		3577.00				
Masa del molde (g)	1697.50	1697.50		1697.50		1697.50				
Peso suelo húmedo compactado (g)	1900	1974		1940		1880				
Peso volumétrico húmedo (g/cm ³)	2.013	2.091		2.055		1.991				
Recipiente N°	TM-62	TM-65	L-15	L-39	TM-34	L-44	TM-38	L-45		
Masa del suelo húmedo + tara (g)	750.40	787.40	775.50	774.70	678.90	719.90	754.40	744.80		
Masa del suelo seco + tara (g)	676.60	708.30	585.10	684.10	585.80	621.90	635.60	628.90		
Masa del Recipiente (g)	84.80	84.10	99.30	102.30	85.10	98.10	86.80	95.00		
Masa del agua (g)	73.80	79.10	90.40	90.60	93.10	98.00	118.80	115.90		
Masa del suelo seco (g)	581.80	624.20	585.80	581.80	500.70	523.80	548.80	533.90		
Contenido de agua (%)	12.47	12.67	15.43	15.57	18.59	18.71	21.65	21.71		
Promedio de contenido de agua (%)	12.57		15.50		18.65		21.68			
Densidad nominal del espécimen compactado (g/cm ³)	1.788		1.818		1.732		1.636			
Humedad Saturación (%)	10.00		15.00		20.00		25.00			
Peso Volumétrico Saturación	2.052		1.842		1.641		1.583			

DENSIDAD SECA MAXIMA CORREGIDA : 1.828 g/cm³
 CONTENIDO DE AGUA : 14.5 %

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA		
TAMIZ	PERCENTAJE RETENIDO (%)	PASA (%)
3"	0.00	100.00
2"	0.00	100.00
3/4"	0.00	100.00
3/8"	0.00	100.00
N°4	17.74	82.26
<N°4	82.26	0.00



OBSERVACION : Muestra remitida por el Peticionario.

* Los datos proporcionados por el Peticionario son los siguientes: peticionario, atención, nombre del proyecto, ubicación, procedencia de la muestra.

HC-AS-007 VER.01 REV.00 FECHA: 2020/03/13

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD

BUREAU VERITAS INTERNATIONAL S.A.C.
 AREA DE CONTROL

 Mg. Ing. Janet Vanessa Andía Arias
 INGENIERA CIVIL
 CP 98173

Email: grupocentauroingenieros@gmail.com Web: <http://centauroingenieros.com/> Facebook: [centauroingenieros](https://www.facebook.com/centauroingenieros)
 Av. Mariscal Castilla N° 3950 - El Tambo - Huancayo - Junín (Frente a la 1ra Puerta de la U.N.C.P.) Telf. 064 - 253727 Cel. 992875860 - 964483588 - 964966015

Para verificar la autenticidad del informe puede comunicarse a: grupocentauroingenieros@gmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

SERVICIOS DE:

- ENSAYOS PARA MECÁNICA DE SUELOS
- ENSAYOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO Y ASFALTO
- ENSAYOS EN ROCAS
- ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS Y AGUA
- ENSAYOS SPT, DPL, DPHS

- ESTUDIOS Y ENSAYOS GEOFÍSICOS
- PERFORACIONES Y EXTRACCIÓN DIMANTRAS
- ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
- CONTROL DE CALIDAD EN SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
- EXTRACCIÓN Y TRASLADO DE MUESTRAS IN SITU



Inscrito en el Registro de Marcas y Servicio de INDECOPI con CERTIFICADO N° 00114425 con Resolución N° 007184-2019-/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS CENTAURO INGENIEROS

EXPEDIENTE N° : 774-2020-AS
 PETICIONARIO : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 ATENCION : BACH. ANGEL VIDAL PERALTA RICRA
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE BAJA CAPACIDAD DE SOPORTE MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE LA CENIZA DE GALLINAZA"
 UBICACIÓN : AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 24 DE JULIO DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 19 DE AGOSTO DEL 2020

CALICATA : C1, CON INCORPORACIÓN DE CENIZA DE 8%, AV. LA ESPERANZA-VILLA PERENÉ DEL DISTRITO DE PERENÉ, PROVINCIA DE CHANCHAMAYO- DEPARTAMENTO DE JUNÍN

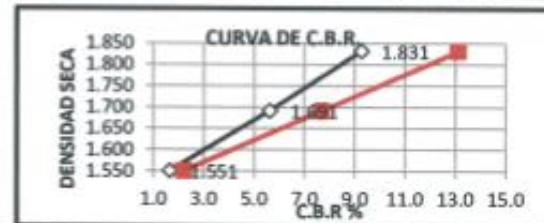
ESPECIMEN I (10)		
KN	LBS	LBS/PUL 2
0.110	24.73	8.74
0.162	36.42	12.14
0.198	44.51	14.84
0.222	49.91	16.64
0.245	55.08	18.36
0.270	60.70	20.23
0.296	66.54	22.18
0.359	80.70	26.90
0.410	92.17	30.72
0.450	101.16	33.72

C.H.	DENS. SECA
6.04	1.969
9.00	2.014
12.04	1.980
15.22	1.796



ESPECIMEN II (25)		
KN	LBS	LBS/PUL 2
0.360	80.93	26.98
0.468	105.09	35.03
0.643	144.43	48.14
0.793	169.16	59.38
0.848	190.52	63.51
0.910	204.57	68.19
1.028	230.98	76.55
1.278	287.18	95.73
1.520	341.70	113.90
1.765	396.77	132.26

N° GOLPES	% CBR (0.1")	% CBR (0.2")	D.S.
10.00	1.7	2.2	1.551
25.00	5.6	7.7	1.691
56.00	9.3	13.1	1.831



ESPECIMEN III (56)		
KN	LBS	LBS/PUL 2
0.700	157.36	52.45
0.920	206.82	68.94
1.088	244.58	81.53
1.236	277.85	92.62
1.352	303.93	101.31
1.516	340.80	113.60
1.752	393.85	131.28
2.220	499.06	166.35
2.704	607.86	202.62
3.204	720.26	240.09

MDS	1.83
95%MDS	1.737
(10) MDS	
	2.54 mm (0.1")
CBR AL 100%	9.3
CBR AL 95%	6.6
	5.08 mm (0.2")
	13.13
	9.00

HC-AS-008 VERSIÓN.01 REV.00 FECHA: 2020/03/13

MICROINGENIEROS Y CONSULTORES S.A.S.
 2025-A-06 CALLE 14
 Mg. Ing. Jany Yessica Arias
 INGENIERA CIVIL
 (CP 4571)

Descripción estratigráfica de las calicatas:

CALICATA N°	DESCRIPCIÓN
C - 01	De la cota 0.00 a 0.40 m: Material de relleno vegetal con presencia de raíces secas y gravas sub redondeadas.
	De la cota 0.90 a 1.50m: Arcilla de baja plasticidad, consistencia media, color marrón sin presencia de grava De clasificación SUCS y/o AASHTO: CL
PROFUNDIDAD (m)	0.40 – 1.50

C - 02	De la cota 0.00 a 0.70 m: Material de relleno vegetal con presencia de raíces secas y gravas sub redondeadas.
	De la cota 0.70 a 0.90 m: Grava limosa con consistencia media en estado seco, con gravas medianas no existe bolonería.
	De la cota 0.90 a 1.50m: Arcilla de baja plasticidad, consistencia media, color marrón sin presencia de grava De clasificación SUCS y/o AASHTO: CL
PROFUNDIDAD (m)	0.20 – 1.50



J. Lopez
José Antonio Lopez
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 172047

Calicata N°	Progresiva	LIMITE DE ATTERBERG		
		LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
01	0+000 km	22.20	17.98	4.22
02	0+250 km	20.20	17.69	2.51

RENOVACION DEL PAVIMENTO EN EL (LA) AV. LA ESPERANZA CUADRA 05 A LA CUADRA 11 MESETA PAMPA SILVA DEL DISTRITO DE PERENE - PROVINCIA CHANCHAMAYO - JUNIN



INFORME N° 021548-0019/LEM

PETICIONARIO	Ing. Carol Pimentel Rojas
ATENCION	Ing. Carol Pimentel Rojas
PROYECTO / OBRA	Renovación del pavimento en el (1a) Av. La Esperanza cuadra 05 a la cuadra 11 Meseta Pampa Silva del Distrito de Perene - Provincia de Chanchamayo - Junin
UBICACIÓN	Perene - Chanchamayo - Junin
FECHA DE RECEPCION	viernes, 21 de junio de 2019
FECHA DE EMISION	martes, 25 de junio de 2019

Pag. 01 de 02

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

CALICATA	C-01
PROFUNDIDAD	1.50m
TAMIZ	% QUE PASA
3"	100.0
2 1/2"	100.0
2"	100.0
1 1/2"	100.0
1"	100.0
3/4"	100.0
1/2"	100.0
3/8"	99.7
1/4"	97.7
N°4	95.8
N°10	94.8
N°20	91.6
N°40	68.3
N°60	64.7
N°100	79.1
N°200	76.0

LIMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D4318

% LIMITE LIQUIDO	22.20
% LIMITE PLASTICO	17.58
% INDICE PLASTICO	4.22

CLASIFICACION DE SUELOS

CLASIF. SUCS	CL
--------------	----

OBSERVACION : Muestras recibidas por el peticionario.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDIACOPE- GP-004- 1993)

Ing. Carlos Esteban
 INGENIERO CIVIL
 O.P. 110970

Ing. Humberto Lopez
 INGENIERO CIVIL
 O.P. 172047



- Ejecución y Supervisión de Obras
- Estudio de Mecánica de Suelo
- Alquiler de Equipos de Construcción

INFORME N° 021550-0019/LEM

PETICIONARIO	Ing. Carol Pimentel Rojas
ATENCIÓN	Ing. Carol Pimentel Rojas
PROYECTO / OBRA	Renovación del pavimento en el (Ja) Av. La Esperanza cuadra 05 a la cuadra 11 Meseta Pampa Silva del Distrito de Perene - Provincia de Chanchamayo - Junín
UBICACIÓN	Perene - Chanchamayo - Junín
FECHA DE RECEPCIÓN	viernes, 21 de junio de 2019
FECHA DE EMISIÓN	martes, 25 de junio de 2019

Pag. 01 de 02

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

CALCATA	C-12
PROFUNDIDAD	3.50m
TAMIZ	% QUE PASA
3"	100.0
2 1/2"	100.0
2"	100.0
1 1/2"	100.0
1"	100.0
3/4"	100.0
1/2"	100.0
3/8"	97.6
1/4"	95.9
N°4	95.0
N°10	92.7
N°20	90.1
N°40	87.0
N°60	83.4
N°142	77.6
N°200	76.4
LÍMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D4318	
% LÍMITE LÍQUIDO	20.20
% LÍMITE PLÁSTICO	17.69
% ÍNDICE PLÁSTICO	2.51
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
CLASIF. SUCS	CL

OBSERVACION : Muestras remitidas por el peticionario.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

Carlos Alberto Colaban
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 110478

Iván E. Sarmiento López
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 172047