

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



**UTILIZACION DE LA VINAZA DE CAÑA AZUCAR PARA  
ESTABILIZAR SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO**

Líneas de investigación: Transporte y Urbanismo

**PRESENTADO POR:**

**BACH. JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2018**

M. Sc. Cano Camayo, Tiber Joel  
Asesor Metodológico

Ing. Flores Espinoza, Carlos  
Asesor Temático

## **DEDICATORIA**

A Dios por permitir lograr mis objetivos y estar presente en cada uno de los momentos difíciles a lo largo de mi vida, cuidar a mi familia, darnos salud y hacer que seamos felices.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana los Andes, por los conocimientos aportados.

A mis familiares por darme el apoyo incondicional en la etapa de mi formación profesional y ser para inspiración para lograr mis objetivos.

A mis asesores por el apoyo y asesoramiento impartido para la elaboración de esta investigación.



**HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS**

---

**DR. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ**  
**PRESIDENTE**

---

**ING. RANDO PORRAS OLARTE**  
**JURADO**

---

**ING. MARIA LUISA MUERAS GUTIERREZ**  
**JURADO**

---

**ING. CARLOS ALBERTO JESUS SEDANO**  
**JURADO**

---

**MG. MIGUEL ÁNGEL CARLOS CANALES**  
**SECRETARIO DOCENTE**

## INDICE

CARATULA.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
INDICE.....	vi
ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS .....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT .....	xiii
INTRODUCCION .....	1
CAPITULO I: .....	2
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	2
1.1. Planeamiento del Problema .....	2
1.2. Formulación y sistematización del problema .....	3
1.2.1. Problema General .....	3
1.2.2. Problema Específico .....	3
1.3. Justificación .....	3
1.3.1. Justificación social .....	3
1.3.2. Justificación práctica.....	4
1.3.3. Justificación ambiental .....	4
1.4. Delimitación.....	5
1.4.1. Espacial.....	5
1.4.2. Temporal .....	5
1.4.3. Económica .....	5
1.5. Limitaciones .....	5
1.5.1. Económico.....	5
1.6. Objetivos.....	5
1.6.1. Objetivo General.....	5
1.6.2. Objetivos Específicos .....	6
CAPITULO II: .....	7
MARCO TEORICO .....	7
2.1. Antecedentes de la investigación.....	7
Reseña histórica .....	7
2.2. Marco conceptual .....	10
2.3. Definición de términos .....	11

2.4. Hipótesis .....	15
2.4.1. Hipótesis General .....	15
2.4.2. Hipótesis Específicas .....	15
2.5. Variables .....	16
2.5.1. Definición conceptual de la variable .....	16
2.5.2. Definición operacional de la variable .....	16
2.5.3. Operacionalización de las variables .....	17
<b>CAPITULO III: .....</b>	<b>18</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>18</b>
3.1. Método de investigación .....	18
3.2. Tipo de investigación .....	18
3.3. Nivel de investigación .....	19
3.4. Diseño de la investigación .....	19
3.5. Población y muestra .....	19
3.6. Técnicas, instrumentos de recolección de datos .....	19
3.7. Procesamiento de la información .....	20
3.8. Técnicas y análisis de datos .....	20
3.9. Procedimiento de la investigación .....	20
<b>CAPITULO IV:.....</b>	<b>50</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>50</b>
4.1. Resultados específicos .....	50
4.2. Resultados generales .....	82
<b>CAPITULO V:.....</b>	<b>91</b>
<b>DISCUSION DE RESULTADOS.....</b>	<b>91</b>
5.1. Discusión específica.....	91
5.2. Discusión general.....	92
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>94</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>95</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>97</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de las variables.....	17
Tabla 2 Coordenadas UTM de la calicata .....	22
Tabla 3 Análisis granulométrico del suelo natural.....	51
Tabla 4 Contenido de humedad del suelo natural .....	52
Tabla 5 Límite líquido del suelo natural.....	52
Tabla 6 Límite plástico del suelo natural .....	53
Tabla 7 Índice de plasticidad del suelo natural .....	54
Tabla 8 Ensayo proctor modificado del suelo natural.....	55
Tabla 9 Compactación de CBR-suelo natural.....	56
Tabla 10 Expansión del suelo-suelo natural.....	56
Tabla 11 Penetración de la muestra- suelo natural .....	56
Tabla 12 Resultados de CBR y densidad seca-suelo natural .....	57
Tabla 13 CBR de la muestra N° 1 - Suelo natural .....	57
Tabla 14 Resumen propiedades del suelo natural.....	58
Tabla 15 Análisis granulométrico de la muestra N° 2 .....	59
Tabla 16 Análisis granulométrico de la muestra N° 3.....	60
Tabla 17 Análisis granulométrico de la muestra N° 4 .....	61
Tabla 18 Límite líquido de la muestra N° 2 .....	63
Tabla 19 Límite plástico de la muestra N° 2 .....	64
Tabla 20 Índice de plasticidad de la muestra N° 2.....	64
Tabla 21 Límite líquido de la muestra N° 3 .....	65
Tabla 22 Límite plástico de la muestra N° 3.....	66
Tabla 23 Índice de plasticidad de la muestra N° 3.....	66
Tabla 24 Límite líquido de la muestra N° 4 .....	67
Tabla 25 Límite líquido de la muestra N° 4 .....	68
Tabla 26 Índice de plasticidad de la muestra N° 4.....	68
Tabla 27 Ensayo proctor de la muestra N° 2.....	70
Tabla 28 Ensayo proctor modificado de la muestra N°3 .....	71
Tabla 29 Ensayo proctor modificado de la muestra N° 4 .....	72
Tabla 30 Compactación de CBR-muestra N°2.....	73
Tabla 31 Expansión del suelo - muestra N°2 .....	73
Tabla 32 Penetración -Muestra N°2.....	73
Tabla 33 Resultados de CBR y densidad seca - muestra N°2.....	74
Tabla 34 CBR de la muestra N°2 - 25% de vinaza + 75% de agua.....	74
Tabla 35 Compactación de CBR-muestra N°3.....	75
Tabla 36 Expansión del suelo-muestra N°3.....	75
Tabla 37 Penetración-muestra N°3.....	75
Tabla 38 Resultados de CBR y densidad seca-muestra N°3.....	76
Tabla 39 CBR de la muestra N° 3 - 50 % de vinaza + 50% de agua .....	76
Tabla 40 Compactación de CBR-muestra N°4.....	77
Tabla 41 Expansión del suelo-muestra N°4.....	77
Tabla 42 Penetración-muestra N°4.....	77
Tabla 43 Resultados de CBR y densidad seca-muestra N°4.....	78
Tabla 44 CBR de la muestra N° 4 - 75% de vinaza + 25% de agua.....	78

Tabla 45 <i>Resumen de las propiedades de las muestras N° 2, N° 3y N° 4</i> .....	79
Tabla 46 Costos unitarios de estabilización de suelos con aplicación de la vinaza de caña de azúcar .....	80
Tabla 47 Costos unitarios de estabilización de suelos con aplicación de cal ...	81
Tabla 48 <i>Comparación de granulometría de las muestras</i> .....	82
Tabla 49 <i>Contenido de humedad de las muestras</i> .....	83
Tabla 50 <i>Límite líquido de las muestras</i> .....	83
Tabla 51 <i>Límite plástico de las muestras</i> .....	84
Tabla 52 <i>Índice de plasticidad de las muestras</i> .....	85
Tabla 53 <i>Clasificación del suelo de las muestras</i> .....	86
Tabla 54 <i>Óptimo contenido de humedad de las muestras</i> .....	86
Tabla 55 <i>Máxima densidad seca de las muestras</i> .....	87
Tabla 56 <i>CBR de las muestras</i> .....	88
Tabla 57 Comparación de presupuesto de un pavimento con la aplicación de un aditivo convencional (Cal) y aplicación de vinaza de caña de azúcar .....	89
Tabla 58 <i>Resumen de resultados</i> .....	90

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la calicata .....	22
Figura 2. Realización de la calicata .....	22
Figura 3. Calicata realizada en el Jirón San Martín - Palian .....	23
Figura 4. Tamizado de la muestra .....	25
Figura 5. Penetración de la muestra .....	29
Figura 6. Realización del límite plástico.....	32
Figura 7 Sistema de clasificación de suelos de la AASHTO .....	35
Figura 8 Gráfica de plasticidad.....	36
Figura 9 Gráfica de la Unified Soil Classification (según la ASTM, 2009).....	37
Figura 10 Diagrama de flujo para clasificar suelos de grano fino (50% o más pasa la malla núm. 200) (según ASTM, 2009) .....	38
Figura 11. equipos utilizados para el ensayo Proctor .....	42
Figura 12. Colocación del suelo en el molde.....	43
Figura 13. Compactación del suelo.....	43
Figura 14. Realización de la compactación - Ensayo CBR .....	47
Figura 15. Curva granulométrica de la muestra N°1 - Suelo natural .....	51
Figura 16. Curva de fluidez del suelo natural .....	53
Figura 17. Curva de compactación del suelo natural .....	55
Figura 18. Curva C.B.R.-suelo natural.....	57
Figura 19. Curva granulométrica de la muestra N° 2.....	60
Figura 20. Curva granulométrica de la muestra N° 2.....	61
Figura 21. Curva granulométrica de la muestra N° 4.....	62
Figura 22. Curva de fluidez de la muestra N° 2 .....	63
Figura 23. Curva de fluidez de la muestra N° 3 .....	65
Figura 24. Curva de fluidez de la muestra N° 4 .....	67
Figura 25. Curva de compactación de la muestra N° 2 .....	70
Figura 26. Curva de compactación de la muestra N° 3 .....	71
Figura 27. Curva de compactación de la muestra N° 4 .....	72
Figura 28. Curva CBR-muestra N°2.....	74
Figura 29. Curva CBR-muestra N°3.....	76
Figura 30. Curva CBR-muestra N°4.....	78
Figura 31. Comparación de curva granulométrica de las muestras.....	82
Figura 32. Contenido de humedad de las muestras .....	83
Figura 33. Límite líquido de las muestras .....	84
Figura 34. Límite plástico de las muestras .....	84
Figura 35. Índice de plasticidad de las muestras .....	85
Figura 36. Comparación de óptimo contenido de humedad de las muestras ....	87
Figura 37. Comparación de la máxima densidad seca de las muestras .....	87
Figura 38. Comparación de CBR de las muestras.....	88

## **ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS**

<b>MTC:</b>	Ministerio De Transportes Y Comunicaciones
<b>SUCS:</b>	Unified Soil Classification System - Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
<b>AASHTO:</b>	American Association of State Highway and Transportation Officials - La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes
<b>ASTM:</b>	American Society for Testing and Materials - Sociedad americana para ensayos y materiales
<b>NTP:</b>	Norma Técnica Peruana
<b>CBR:</b>	California Bearing Ratio- Valor de soporte California
<b>LL:</b>	Límite líquido
<b>LP:</b>	Límite plástico
<b>IP:</b>	Índice de plasticidad
<b>MDS:</b>	Máxima densidad seca
<b>OCH:</b>	Óptimo contenido de humedad

## RESUMEN

La investigación surge debido a la existencia de suelos cohesivos en el anexo de Palian, lo que genera asentamientos y deformaciones en las vías, con ello el problema de investigación es: ¿Cuáles serán los efectos de la utilización de la vinaza de caña de azúcar para estabilizar suelos cohesivos en el Jr. San Martín, Palian, Huancayo, 2018?, el objetivo general es: determinar los efectos de la utilización de la vinaza de caña de azúcar para estabilizar suelos cohesivos y la hipótesis general que se debe verificarse es: los efectos de la utilización de la vinaza de caña de azúcar para estabilizar suelos cohesivos, serán aceptables por el manual de carreteras para ser sub rasante.

Se utilizó el método científico, la investigación es del tipo aplicada, el nivel es descriptivo-explicativo y diseño experimental, la población es el Jr. San Martín el cual consta de 10 cuadras y se tiene una muestra no probabilística a elección del investigador el cual es la cuadra 2 y 3 del Jr. San Martín.

Se concluye que la utilización de vinaza estabiliza suelos cohesivos, por lo tanto, es aceptable por el manual de carreteras para ser una sub rasante.

Palabras claves: Sub rasante, estabilización de suelos, suelos cohesivos, vinaza de caña de azúcar



## **ABSTRACT**

The investigation arises due to the existence of cohesive soils in the Palian annex, which generates settlements and deformations in the roads, with this the research problem is: What will be the effects of the use of sugarcane vinasse for stabilize cohesive soils in Jr. San Martin, Palian, Huancayo, 2018 ?, the general objective is: to determine the effects of the use of sugarcane vinasse to stabilize cohesive soils and the general hypothesis that must be verified is: Effects of the use of sugarcane vinasse to stabilize cohesive soils will be acceptable by the road manual to be subgrade.

The scientific method was used, the research is of the applied type, the level is descriptive-explanatory and experimental design, the population is the Jr. San Martin which consists of 10 blocks and there is a non-probabilistic sample at the researcher's choice which is block 2 and 3 of Jr. San Martin.

It is concluded that the use of vinasse stabilizes cohesive soils, therefore, it is acceptable for the highway manual to be a subgrade.

Keywords: Subgrade, soil stabilization, cohesive soils, sugarcane vinasse

## INTRODUCCION

Uno de los mayores problemas al que se enfrenta el ingeniero civil en las obras viales es encontrar suelos que no cumplan con las especificaciones para ser soporte de una estructura. La presente investigación busca implementar la vinaza de caña de azúcar como aditivo, para mejorar las propiedades físico - mecánicas del suelo de una manera económica. Por lo tanto, la presente investigación es conveniente, en cuanto a fines de la ingeniería de transporte ya que servirá en gran medida como una nueva alternativa de solución para la estabilización de suelos cohesivos y una vez que sea demostrado su validez y confiabilidad podrá ser utilizado en proyectos y otros trabajos de investigación.

La presente investigación consta de 5 capítulos:

En el Capítulo I, el problema de la investigación, se detalla el planteamiento del problema, se formula el problema general y los problemas específicos, se define la justificación, las delimitaciones, las limitaciones y se establecen los objetivos.

El Capítulo II es el marco teórico en el cual se presentan los antecedentes, marco conceptual, definición de términos, se plantean las hipótesis y se identifican las variables.

El Capítulo III, comprende la metodología de la investigación en el cual se muestra el método, tipo, nivel, diseño de la investigación, población y muestra, así como también se expone las técnicas y los instrumentos utilizados para la recolección de datos y el procedimiento de la investigación.

En el capítulo IV se presentan los resultados de laboratorio, se realiza el procesamiento para realizar un análisis de acuerdo a los Manuales y normas MTC.

En el Capítulo V, se hace un análisis y se discuten los resultados obtenidos.

Finalmente, se tiene las conclusiones y recomendaciones de la investigación, se describe las referencias bibliográficas y se presentan los anexos.

Investigador

# **CAPITULO I:**

## **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Planeamiento del Problema**

La Ingeniería Civil es la disciplina que se encarga del diseño, ejecución y mantenimiento de obras civiles dando solución a diversos problemas para satisfacer las necesidades del ser humano. Encontrándose en su camino con el problema de suelos inestables, por ello es necesario la estabilización del suelo, el cual consiste en el mejoramiento de las propiedades mecánicas y físicas de un suelo mediante procesos mecánicos e incorporación de sustancias químicas, naturales y sintéticas, logrando así que el suelo sea adecuado para el uso y diseño previsto.

El anexo de palian en el tiempo ha tenido un crecimiento poblacional considerable por lo cual existe la necesidad de realizar obras de pavimentos rígidos o flexibles. Pero el principal problema es el suelo que será utilizado como sub rasante, el cual tiene un alto contenido de arcilla, el cual ocasiona que tenga una baja capacidad portante, lo que genera futuros asentamientos y deformaciones en las vías causando malestar e inconvenientes en la población entre ellos dificultad en el transporte, por ende, pérdida de tiempo, por otro lado, daño a los vehículos, así como también posibles accidentes de transito. Por lo tanto, la presente investigación propone el uso de la vinaza de caña de azúcar como estabilizante del suelo, para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo cohesivo que será utilizado como soporte de estructura de pavimento de una manera económica.

Anteriormente en su tesis Jorge Israel Loaiza Larreategui (2017), para la Universidad de Especialidades Espíritu Santo realizó investigaciones sobre la estabilización de suelos con vinaza, concluyendo que el uso de la vinaza contribuye al mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos GP para la utilización en sub rasantes de carreteras.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cuáles son los efectos de la utilización de la vinaza de caña de azúcar para estabilizar suelos cohesivos en el Jr. San Martín, Palian, Huancayo, 2018?

### **1.2.2. Problema Específico**

- a. ¿Qué propiedades físicas y mecánicas tendrá el suelo natural?
- b. ¿Cuáles son los efectos de la vinaza de caña de azúcar en las propiedades física - mecánicas del suelo cohesivo?
- c. ¿Cuál será la ventaja económica de la aplicación de la vinaza de caña de azúcar frente a un aditivo convencional en suelos cohesivos?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Justificación social**

El mejoramiento de vías es esencial para un mejor desarrollo de las actividades económicas, generando así el desarrollo y crecimiento de la población, por lo tanto ésta investigación es de suma importancia debido a que en el anexo de Palian los suelos no cumplen con las características requeridas para ser considerados soporte de una

estructura de pavimento, por tal motivo es necesario buscar una nueva técnica para la estabilización de los suelos con el objetivo de mejorar las características de estos suelos para evitar futuros asentamientos y deformaciones en las vías, sin la necesidad de reemplazar el suelo por un material de préstamo el cual ocasiona un mayor costo del proyecto. Beneficiando así en gran medida a la población evitando malestar e inconvenientes como dificultad en el transporte, por ende, pérdida de tiempo, por otro lado, daño a los vehículos, así como también se evitará posibles accidentes de tránsito.

### **1.3.2. Justificación práctica**

El desarrollo de la presente investigación es el desarrollo de una nueva tecnología el cual es conveniente, en cuanto a fines de la ingeniería de transporte ya que servirá en gran medida como una nueva alternativa de solución para la estabilización de suelos cohesivos y será aplicable en la elaboración de proyectos viales de pavimentos en el sector de Palian - Huancayo.

### **1.3.3. Justificación ambiental**

Por razones económicas y medioambientales, en las obras de infraestructura vial se recomienda hacer uso de la mayor cantidad posible de suelos de la propia obra, aunque muchas veces los suelos no son adecuados, es por ello la necesidad de estabilizar los suelos existentes. Por otro lado, la utilización de la vinaza de caña de azúcar en la estabilización de suelos cohesivos reduciría el daño ambiental, ya que se estaría utilizando un desecho producto de la destilación del alcohol que se arroja sin tratamiento alguno, contaminando chacras, ríos, entre otros.

## **1.4. Delimitación**

### **1.4.1. Espacial**

La investigación se realizó en el Jr. San Martín el cual consta de 10 cuadras, está ubicado en el anexo de Palian, provincia de Huancayo, región Junín.

### **1.4.2. Temporal**

La presente investigación tuvo una duración de 2 meses en cuanto a trabajo de campo y 2 meses de procesamiento de datos haciendo un total de 4 meses comprendidos de junio a setiembre del año 2018.

### **1.4.3. Económica**

Los gastos para la investigación fueron asumidos en su totalidad por el investigador.

## **1.5. Limitaciones**

### **1.5.1. Económico**

Se realizaron ensayos al suelo en estado natural y suelo estabilizado con tres dosificaciones distintas, no se realizó con más dosificaciones debido al costo de los ensayos para cada muestra.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General**

Determinar los efectos de la utilización de la vinaza de caña de azúcar para estabilizar suelos cohesivos en el Jr. San Martín, Palian-Huancayo, 2018.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- a. Evaluar las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural.
- b. Analizar los efectos de la vinaza de caña de azúcar en las propiedades física - mecánicas del suelo cohesivo.
- c. Comparar económicamente la aplicación de la vinaza de caña de azúcar frente a un aditivo convencional en suelos cohesivos.

## **CAPITULO II: MARCO TEORICO**

### **2.1. Antecedentes de la investigación**

#### **Reseña histórica**

Desde sus inicios la humanidad ha tenido la necesidad de transportarse y trasladar diversos objetos, debido a que el hombre ha emigrado en busca de mejores condiciones de vida. Para ello se construyeron caminos que faciliten su traslado. Debido a que algunos caminos no prestaban las condiciones para el transporte surgió la necesidad de modificar su estructura adecuándola a las condiciones que se requiriesen en ese entonces. (Berry & Reid, 2000)(1)

En la antigüedad las obras viales y de comunicación fueron realizadas con fines de intercambio comercial e intenciones belicosas, para el rápido traslado de tropas. En el imperio romano, bajo el mando de Julio Cesar, se realizó la construcción de 70000 Km de calles aproximadamente En la construcción de éstas carreteras se desarrollaba un tipo de estabilización física, ya que compactaba el suelo mediante el apisonamiento con esclavos y ganado lanar, posteriormente se procedía a la colocación de piedras labradas como carpeta de rodadura. (Chavarria & Berrios, 2011)(2)



## **Antecedentes Nacionales**

**Tesis, Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (Eco Road 2000) para pavimentación en Palian – Huancayo – Junín (2016), realizado por Bach. De La Cruz, Lizeth Mercedes y Bach. Salcedo, Kaite Karen, para la Universidad Peruana Los Andes:**

Su investigación realiza el análisis del uso del aditivo llamado Eco Road 2000 para el mejoramiento de suelos Arcillosos, mediante diversos estudios, aplicando las Normas del MTC que se basa en las Normas Técnicas Peruanas, MTC y ASTM, obteniendo resultados de 10 calicatas exploradas y se puede observar que la calicata C-6 tiene de C.B.R. 21.80% al 95% siendo este el mayor y la calicata C-3 tiene de C.B.R 5.90% al 95 % siendo este el menor de todos, y con la adición del aditivo se concluye que se observaron cambios físicos y mecánicos en los suelos arcillosos debido a que este aditivo acelera el proceso de expansión y contracción con lo que obtenemos un suelo más estable. Con respecto a los valores de CBR se incrementó notoriamente, se obtuvo en siete de las 10 calicatas más del 40% el cual sirve para material de base y en 3 calicatas 38.55%, 36.10% y 21.7% es cual nos da una sub rasante extraordinaria y muy buena. (De la cruz & Salcedo , 2016)(3)

**Tesis, Estudio comparativo del mejoramiento de la sub rasante y base de la carretera Cañete-Chupaca, tramo: Km 220+000-Km - 240+000 (2011), por Yony Laurente Ronceros, para la Universidad Nacional de Ingeniería:**

En su investigación propone una solución de mejoramiento de la sub rasante y el material a emplear en la capa base del pavimento de tal manera que el diseño final brinde mejores condiciones de servicio, seguridad y confort para la circulación del tránsito vehicular realizó el mejoramiento del material de la sub rasante utilizando como agente estabilizador cal hidráulica. Realizó el análisis de cosos unitarios de estabilización de sub rasante(e=15cm) con

adición de cal el cual se obtuvo el costo unitario de s/.11.48, conformación de la sub-base (e=30 cm) con material de cantera s/.11.28, conformación de la sub-base (e=20) con material de cantera s/.12.29, estabilización de base (e=15 cm) con adición al 5.5% de emulsión asfáltica s/.28.48, estabilización de base (e=15 cm) con adición de cemento Portland al 4% en peso s/.10.96. (Laurento , 2011)(4)

### **Antecedentes Internacionales**

**Tesis, Mejoramiento de suelos GP con vinaza (2017), realizado por Jorge Israel Loaiza, para la Universidad de Especialidades Espíritu Santo, sostuvo que:**

En Ecuador existen zonas existen caminos de cuarto orden conformados por suelos GP, que no son aptos para la construcción de carreteras para ello propone el uso de la vinaza en forma líquida sobre suelos GP, y así obtener una mezcla más densa mejorando así la resistencia y la capacidad de los suelos GP para la construcción de caminos y carreteras. Se realizaron ensayos donde señala que el ángulo de fricción aumenta en un + 43% y disminuye la cohesión en -40% al usar la vinaza en una proporción de 50% de vinaza y 50% de agua, asimismo se incrementó el valor de CBR en un 10%, es decir, el uso de la vinaza contribuye al mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos GP para la utilización en sub rasantes de carreteras. (Loaiza, 2017)(5)

**Tesis, Propuesta para el aprovechamiento de la vinaza en el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de suelos friccionantes utilizados en sub rasantes en carreteras (2014), realizado por Antonio José Toledo, para la Universidad de San Carlos de Guatemala, sostuvo que:**

Mediante la adición de vinaza- agua se mejora las propiedades físicas y mecánicas de los suelos friccionantes que serán utilizados como sub

rasantes en la construcción de carreteras, mediante una dosificación vinaza – agua el cual es diferente dependiendo del tipo de suelo a mejorar, la mayor densificación obtenida de las dos muestras de suelo tomadas, se alcanzó con la arena limosa color café oscuro al agregarle la relación de 50% vinaza – 50% agua. Concluye que la adición de la vinaza – agua es un método para aumentar el tiempo de evaporación en suelos con alta presencia de finos, ya que en la parte superior de las partículas la vinaza crea una capa, lo que impide que la humedad se evapore con facilidad así ayuda a obtener un mejoramiento en la densificación del suelo; el porcentaje CBR aumenta en términos generales, realizando 30 golpes, asimismo en términos muy generales se puede esperar un mejoramiento entre el 25% vinaza – 75% agua y el 75% vinaza – 25% agua. (Toledo, 2014)(6)

## **2.2. Marco conceptual**

### **Teorías de la investigación**

**Teoría de la elasticidad en suelos.** - Los resultados de la teoría de la elasticidad se emplean frecuentemente para calcular los esfuerzos producidos en una masa de suelo por las cargas aplicadas exteriormente. Esta teoría parte de la hipótesis de que el esfuerzo es proporcional a la deformación. La mayoría de las soluciones más útiles de esta teoría suponen también que el suelo es homogéneo (sus propiedades no varían de un punto a otro) e isótropo (sus propiedades son las mismas cualquiera que sea la dirección que se considere a partir del punto). (Lambe & Whitman, 2010)(7)

### **Normatividad**

**Manual de carreteras: suelos y pavimentos, RD N° 10-2014-MTC/14 (09.04.2014)**

Este manual facilita el diseño de las capas en carreteras pavimentadas y no pavimentadas. Los estándares que se presenta en el manual son requisitos

mínimos para cumplir el diseño de proyectos de carreteras en el Perú. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)(8)

### **Manual de ensayo de Materiales, RD N° 18-2016-MTC/14 (03.06.2016)**

Este manual tiene el propósito de estandarizar los métodos y procedimientos para ejecutar los ensayos de laboratorio y de campo, de los materiales utilizados en obras de infraestructura vial y así asegurar que cumplan con los estándares de calidad propuestos en los estudios. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2016)(9)

### **Reglamento Nacional de Edificaciones CE.010 - Pavimentos Urbanos, D.S. N° 001-2010-VIVIENDA**

Hace de conocimiento los requisitos mínimos para el diseño, construcción, rehabilitación, mantenimiento, rotura y reposición de pavimentos urbanos, en cuanto a la mecánica de suelos e ingeniería de pavimentos. (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2010)(10)

### **Normas técnicas peruanas**

Son documentos que establecen las especificaciones o requisitos de Calidad para la estandarización de los productos, procesos y servicios. (Instituto Nacional de Calidad, 2018)(11)

## **2.3. Definición de términos**

### **Arcillas**

Partículas finas con tamaño de grano menor a 0,002 mm, que proviene de la alteración física y química de rocas y minerales. (Ministero de transportes y comunicaciones, 2018)(12)

## **Calicata**

Excavación superficial que se realiza en un terreno con el fin de observar los estratos del suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener muestras generalmente disturbadas. (Ministero de transportes y comunicaciones, 2018)(12)

## **Carretera**

Camino para la circulación de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas conforme a las normas técnicas vigentes. (Ministero de transportes y comunicaciones, 2018)(12)

## **Compactación**

Proceso mecánico o manual que reducir el volumen total de vacíos de suelos, morteros, mezclas bituminosas y concretos frescos de cemento Portland. (Ministero de transportes y comunicaciones, 2018)(12)

Proceso de densificación del suelo que se realiza por medios mecánicos, para mejorar la resistencia y estabilidad volumétrica, y como consecuencia modifica la permeabilidad.(Duque & Escobar, 2002)(13)

## **Contenido de humedad óptimo**

Es el contenido de humedad al cual un suelo alcanza la máxima densidad seca. al ser compactado utilizando un esfuerzo estándar o modificado. (Ministero de transportes y comunicaciones, 2018)(12)

## **Contenido de humedad**

Cantidad de agua determinado bajo ciertas condiciones, expresado como porcentaje. (Ministero de transportes y comunicaciones, 2018)(12)

## **Estabilización de suelos**

Es el mejoramiento de las propiedades del suelo requerida, que se realizan mediante procedimientos mecánicos, así como también la incorporación de sustancias químicas, naturales o sintéticas, estos mecanismos se realizan en suelos de sub rasante pobre. Las técnicas utilizadas son diversas y varían según el tipo de suelo. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)(8)

### **Estabilización mecánica**

Proceso en el cual se pretende mejorar el suelo existente sin reemplazarla, sin cambiar su estructura y composición básica, para ello se utiliza la compactación lo cual reduce los vacíos del suelo. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)(8)

### **Estabilización por combinación de suelos**

Este tipo de estabilización considera la mezcla del suelo existente con un material de préstamo, se logra mediante la escarificación en una profundidad de 15 cm para colocar el material de préstamo, posteriormente se realizará el mezclado y compactado con la humedad óptima. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)(8)

### **Sub rasante**

Es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.

La capacidad de soporte de la sub rasante en condiciones de servicio, juntamente con el tránsito y las características de los materiales de la superficie de rodadora son variables básicas para el diseño del pavimento. Para que el suelo sea considerado apto para la capa de sub rasante debe ser mayor o igual a 6% del CBR , en una profundidad no menor a 0.60 metros, en el caso de que el CBR sea menor se procederá a la estabilización

de suelos analizando las alternativas de solución según el suelo. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)(8)

## **Suelo**

Es todo tipo de material terroso, contemplando desde un relleno de desperdicio hasta areniscas parcialmente cementadas, excluyendo las rocas sanas, ígneas o metamórficas. (Juárez & Rico, 2005)(14)

Es una delgada capa sobre la corteza de la tierra, que proviene de la disgregación o alteración física o química de las rocas y residuos de actividades de los seres vivos. (Crespo, 2004)(15)

## **Suelo cohesivo**

Los suelos cohesivos son los que poseen la propiedad de atracción intermolecular, como es el caso de las arcillas. (Crespo, 2004)(15)

## **Vinaza**

La vinaza es residuo que resulta del proceso de destilación del alcohol. Por cada litro obtenido de alcohol se produce 15 litros de vinaza, este residuo es un componente corrosivo y contaminante del agua y presenta elevados contenidos de material orgánico, como es el caso de calcio, potasio, fósforo y nitrógeno. El uso de esta sustancia depende de su composición, sus condiciones físicas y químicas. Los compuestos utilizados en la vinaza son muy variables, debido a que son influenciados por la materia prima que se usan en los procesos de destilación provenientes de diversas fuentes como la melaza, el jugo de molinos y la mixta. (Loaiza, 2017)(5)

La vinaza es el líquido que resulta de la producción de etanol, por la destilación de melaza fermentada o fermentación de caña de azúcar, puede contener impurezas procedentes del proceso de extracción. Ésta sustancia

está compuesta por materiales orgánicos y constituyentes como aminoácidos, enzimas, proteínas, ceras, quinonas, diversos ácidos, lípidos, ácidos diversos, lignina, azúcares, clorofila y hormonas. (Vásquez, 2008)(16)

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

Los efectos de la utilización de la vinaza de caña de azúcar para estabilizar suelos cohesivos en el Jr. San Martín, Palian, Huancayo, 2018, serán aceptables según el Manual de carreteras para ser sub rasante.

### **2.4.2. Hipótesis Específicas**

- a. Las propiedades físicas y mecánicas que presentara el suelo natural, serán deficientes para ser sub rasante de acuerdo al Manual de carreteras: suelos y pavimentos.
- b. Los efectos de la vinaza de caña de azúcar en las propiedades física - mecánicas del suelo cohesivo, serán aceptables para ser sub rasante de acuerdo al Manual de carreteras: suelos y pavimentos.
- c. La aplicación de la vinaza de caña de azúcar es más económica frente a la aplicación de un aditivo convencional en suelos cohesivos.



## 2.5. Variables

### 2.5.1. Definición conceptual de la variable

#### **Variable Independiente**

Vinaza de caña de azúcar. - La vinaza es el residuo que resulta que resulta de la producción de etanol, por la destilación de melaza fermentada o fermentación de caña de azúcar. (Loaiza, 2017)(5)

#### **Variable dependiente**

Estabilización de suelos. - Mejoramiento de las propiedades del suelo que se realiza mediante procedimientos mecánicos, incorporación de sustancias químicas, naturales o sintéticas. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)(8)

### 2.5.2. Definición operacional de la variable

#### **Variable independiente**

Vinaza de caña de azúcar. –Se adicionará vinaza de caña de azúcar en forma líquida en diferentes porcentajes al agua que se utilizará para la compactación del suelo.

#### **Variable dependiente**

Estabilización de suelos. – Se realizará el ensayo de análisis granulométrico, el ensayo de limite líquido y limite plástico, se calculará el índice de plasticidad, se calculará el índice de grupo, se clasificará el suelo, se realizará ensayo de proctor modificado y ensayo de relación de soporte de California (CBR) del suelo en estado natural y luego del suelo adicionado con vinaza de caña de azúcar con diferentes dosificaciones.

### 2.5.3. Operacionalización de las variables

Tabla 1

Operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Subdimensiones	Indicadores
<b>Variable Independiente (X):</b>  <b>VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Vinaza de caña de azúcar.</b> -La vinaza es el residuo que resulta que resulta de la producción de etanol, por la destilación de melaza fermentada o fermentación de caña de azúcar. (Loaiza, 2017)</li> </ul>	<b>Estabilización química</b>	Aplicación de la vinaza de caña de azúcar	Cantidad de vinaza de caña de azúcar
<b>Variable Dependiente (Y):</b>  <b>ESTABILIZACIÓN DE SUELOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Estabilización de suelos.</b> Mejoramiento de las propiedades del suelo que se realiza mediante procedimientos mecánicos, incorporación de sustancias químicas, naturales o sintéticas. Debe ser conveniente técnica y económicamente. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Propiedades del suelo natural</b></li> <li>• <b>Propiedades del suelo con vinaza</b></li> <li>• <b>Factor económico</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Granulometría</b></li> <li>• <b>Humedad</b></li> <li>• <b>Plasticidad</b></li> <li>• <b>Capacidad de soporte del suelo</b></li> <li>• <b>Granulometría</b></li> <li>• <b>Plasticidad</b></li> <li>• <b>Capacidad de soporte del suelo</b></li> <li>• <b>Análisis de costos</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de grava</li> <li>• Porcentaje de arena</li> <li>• Porcentaje de finos</li> <li>• Contenido de humedad</li> <li>• Limite liquido</li> <li>• Limite plástico</li> <li>• Índice de plasticidad</li> <li>• Ensayo proctor</li> <li>• Ensayo CBR</li> <li>• Ensayo de expansión</li> <li>• Porcentaje de grava</li> <li>• Porcentaje de arena</li> <li>• Porcentaje de finos</li> <li>• Limite liquido</li> <li>• Limite plástico</li> <li>• Índice de plasticidad</li> <li>• Ensayo proctor</li> <li>• Ensayo CBR</li> <li>• Ensayo de expansión</li> <li>• Costo</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

## **CAPITULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1. Método de investigación**

Para la investigación se utilizó el método científico, porque se analizó los efectos del uso de la vinaza de caña de azúcar en la estabilización de suelos siguiendo procedimientos adecuados para lograr demostrar la hipótesis. El método científico es un conjunto de procedimientos por los que se plantean los problemas científicos y se ponen a prueba hipótesis.

### **3.2. Tipo de investigación**

Según su finalidad el tipo de investigación es aplicada ya que con la presente investigación se está proponiendo una alternativa para la estabilización de suelos cohesivos, dándole solución técnica a un problema que se encuentra comúnmente en la construcción de vías. La investigación aplicada pretende resolver problemas.

Según el énfasis del manejo de datos es cuantitativa ya que los datos obtenidos en la investigación son numéricos, éstos nos permitirán evaluar y analizar las variables de investigación. La investigación cuantitativa utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica

### **3.3. Nivel de investigación**

La investigación es del nivel descriptivo-explicativo porque especifica propiedades y características importantes de un fenómeno analizado y pretende establecer las causas de los sucesos o fenómenos estudiados, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables.

### **3.4. Diseño de la investigación**

Según la metodología de la investigación el diseño es experimental porque se realizará en laboratorio la estabilización del suelo con diferentes dosificaciones de estabilizante esperando posibles efectos. El diseño experimental es cuando existe una situación de control en la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables se utiliza para establecer un posible efecto de una causa que se manipula.

### **3.5. Población y muestra**

#### **Población**

La población de estudio es el Jr. San Martín el cual consta de 10 cuadras, está ubicado en el anexo de Palian, provincia de Huancayo, región Junín.

#### **Muestra**

Se tiene una muestra no probabilística a elección del investigador en función de la accesibilidad y criterio personal, en esta investigación se tomó como muestra la cuadra 2 y 3 del Jr. San Martín.

### **3.6. Técnicas, instrumentos de recolección de datos**

Técnicas de recolección de datos

- Evaluación de datos
- Cálculo de presupuesto
- Comparación

Instrumentos de recolección de datos

- Ficha de evaluación
- Hoja de presupuesto
- Cuadro de doble entrada

### **3.7. Procesamiento de la información**

Se realizarán los cálculos en hojas Excel para procesar los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio.

### **3.8. Técnicas y análisis de datos**

Se realizó la interpretación de los resultados utilizando software y hojas de cálculo en Excel.

### **3.9. Procedimiento de la investigación**

#### **3.9.1. Fase de pre campo**

##### **Recopilación de información.**

Se recopiló la información como normas y libros, para poder desarrollar los ensayos necesarios para cumplir con los objetivos de la investigación.

##### **Elaboración y validación de instrumentos de recopilación de datos.**

Se elaboró los instrumentos para la recopilación de datos obtenidos de los

ensayos de laboratorio (granulometría, contenido de humedad, límite líquido, límite plástico, proctor modificado, California Bearing Ratio CBR).

### **Permisos de laboratorio de suelos.**

Se realizó los trámites pertinentes en el Laboratorio de ensayos de materiales ASTERESPI SAC para desarrollar los ensayos, para cumplir con los objetivos de la investigación.

### **3.9.2. Fase de campo**

#### **Reconocimiento de lugar o área de estudio.**

Se realizó el reconocimiento del lugar, para poder determinar el lugar exacto donde se realizará la calicata para obtener la muestra para los ensayos de laboratorio.

#### **Muestreo de suelos.**

Se realizó una calicata de acuerdo a lo establecido en la tabla 2 de la norma técnica Pavimentos Urbanos (CE 010) de Reglamento Nacional de Edificaciones. Se realizó una calicata manual de 1.50 m de profundidad, con la finalidad de obtener una muestra necesaria para la realización de los ensayos de laboratorio.

Ubicación de la calicata

Región : Junín  
Provincia : Huancayo  
Anexo : Palian  
Lugar : Jr. San Martín



Figura 1. Ubicación de la calicata

Tabla 2  
Coordenadas UTM de la calicata

ZONA	NORTE	ESTE	COTA
18L	8669707.61	479225.47	3354

Nota: Fuente: Google Earth 28/05/2018



Figura 2. Realización de la calicata



Figura 3. Calicata realizada en el Jirón San Martín - Palian

### **Ensayos de laboratorio.**

Estos ensayos se desarrollaron en el Laboratorio de ensayos de materiales ASTERESPI SAC, donde se realizó la preparación de las muestras con diferentes porcentajes de vinaza de caña de azúcar, a los que posteriormente se les realizó los ensayos necesarios.

- **Análisis granulométrico**

Con éste ensayo determinaremos los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 0.075mm (N°200).

### **Referencias normativas**

MTC E107

NTP 339.128:1999 (Revisada al 2014) Método de ensayo para el análisis granulométrico.

ASTM D422 (Ensayo Análisis Granulométrico por Tamizado)



## **Equipos y accesorios**

Tamices de malla cuadrada (3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°140, N°200)

Balanza calibrada

Horno de secado

Bandejas

Cepillos y brochas, para limpiar las mallas de los tamices.

## **Muestra**

La muestra de suelo tiene que secar al aire libre, posteriormente se cuartea el suelo seco hasta obtener una muestra representativa.

## **Procedimiento**

Se prepara una muestra para el ensayo, se pesa la muestra y se registra este valor,

Se lava la muestra sobre el tamiz de 0,074 mm N° 200, con abundante agua, teniendo mucho cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en él, se seca la muestra para pasarlas por los tamices y posteriormente se determina el peso retenido en cada tamiz.

Este procedimiento se realizó para las 4 muestras preparadas:

Muestra N°1 : Suelo natural

Muestra N°2 : 25% de vinaza de caña de azúcar y 75% de agua

Muestra N°3 : 50% de vinaza de caña de azúcar y 50% de agua

Muestra N°4 : 75% de vinaza de caña de azúcar y 25% de agua



Figura 4. Tamizado de la muestra

## Cálculos

Se calcula el porcentaje retenido en cada tamiz, con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz}}{\text{Peso total}} \times 100$$

Posteriormente se calculó el porcentaje retenido acumulado y el % que pasa, realizando una diferencia entre el valor de 100% con el% retenido acumulado.

$$\% \text{ Pasa} = 100\% - \% \text{ Retenido}$$

Se graficó en un formato semi-logarítmico, para poder ver gráficamente el comportamiento de las partículas.

- **Contenido de humedad**

Se realiza éste ensayo para determinar la cantidad de agua presente en una cantidad dada de suelo en términos de su peso en seco.

## **Referencias normativas**

MTC E108

NTP 339.127:1999 (Revisada al 2014) Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

ASTM D2216 (Método de prueba estándar para la determinación de laboratorio del contenido de humedad).

## **Equipos y accesorios**

Balanza calibrada

Horno de secado

Bandejas

## **Procedimiento**

Determinar y registrar el peso de un recipiente (tara), colocar la muestra de suelo en el recipiente.

Determinar el peso de la muestra húmeda y el recipiente, y registrar éste valor.

Secar la muestra en el horno, hasta alcanzar un peso constante.

Posteriormente pesar la muestra seca y registrar el valor.

Este procedimiento se realizó para la muestra N° 1:

Muestra N°1 : Suelo natural

Para las muestras:

Muestra N°2 : 25% de vinaza de caña de azúcar y 75% de agua

Muestra N°3 : 50% de vinaza de caña de azúcar y 50% de agua

Muestra N°4 : 75% de vinaza de caña de azúcar y 25% de agua

Se realizó una modificación antes de realizar el procedimiento descrito anteriormente para obtener el contenido de humedad:

Se preparó una muestra con incorporando un porcentaje de vinaza de caña de azúcar y agua, de acuerdo a sus respectivas dosificaciones, para proceder a realizar el procedimiento normal antes descrito.

### **Cálculos**

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

$$\% \text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Peso del suelo húmedo} - \text{Peso del suelo seco}}{\text{Peso del suelo seco}} \times 100$$

- **Límites de Atterberg**

Los límites de Atterberg sirven para clasificar los suelos.

#### **Límite Líquido**

El límite líquido es el % de contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico.

### **Referencias normativas**

NTP 339.130:1999 (Revisada al 2014) Método de ensayo para determinar el límite líquido, usando el penetrómetro cónico

### **Equipos y accesorios**

Tamiz de malla cuadrada (N°40)

Penetrómetro cónico

Balanza calibrada

Horno de secado  
Bandejas y recipientes  
Espátula  
Cronómetro

### **Muestra**

La muestra a utilizar es la muestra seca que pasa el tamiz N° 40.

### **Procedimiento**

Se toma una muestra de suelo y se mezcla con agua durante un periodo de 10 minutos usando una espátula, si es necesario añadir más agua a la muestra.

Colocar una porción de suelo dentro del recipiente, teniendo cuidado de que no quede aire atrapado, enrasar con una espátula.

Colocar la muestra bajo el penetrómetro, ajustar el cono de manera que la punta toque la superficie de la muestra.

Poner a cero el dispositivo, luego soltar el cono por 5 segundos, y registrar la lectura de penetración. Levantar el cono y limpiar.

Determinar el contenido de humedad de la muestra.

Seguidamente realizar el mismo procedimiento con muestras saturadas con diferentes contenidos de humedad.

Este procedimiento se realizó para la muestra N° 1:

Muestra N°1 : Suelo natural

Para las muestras:

Muestra N°2 : 25% de vinaza de caña de azúcar y 75% de agua

Muestra N°3 : 50% de vinaza de caña de azúcar y 50% de agua

Muestra N°4 : 75% de vinaza de caña de azúcar y 25% de agua

Se realizó una modificación antes de realizar el procedimiento descrito anteriormente para obtener el límite líquido:

Se preparó muestras reemplazando el agua a adicionar por un porcentaje de vinaza de caña de azúcar y agua, de acuerdo a sus respectivas dosificaciones, luego se procedió realizar el procedimiento normal antes descrito.



*Figura 5. Penetración de la muestra*

### **Cálculos**

Para la obtención del límite líquido se hace un gráfico en el que se representan a escala lineal la penetración en mm (eje de abscisas) frente a la humedad en % (eje de ordenadas) y se dibujan los cuatro puntos obtenidos. Se traza la línea que más se aproxime a los puntos dibujados y se toma de dicha línea el punto correspondiente a una penetración de 20 mm. La humedad correspondiente a dicho valor de penetración es el límite líquido

## **Límite Plástico**

El límite plástico es el % de contenido de humedad, cuando el suelo está entre el estado plástico y el estado semisólido.

### **Referencias normativas**

MTC E111

NTP 339.129:1999 (Revisada al 2014) Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.

ASTM D-4318 (Determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad).

### **Equipos y accesorios**

Tamiz de malla cuadrada (N°40)

Superficie lisa

Balanza calibrada

Horno de secado

Bandejas y recipientes

Espátula

### **Muestra**

La muestra a utilizar es la muestra seca que pasa el tamiz N° 40.

### **Procedimiento**

Se amasa la muestra con agua hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo.

Se toma una porción de dicha esfera como muestra para el ensayo.

Se moldea una parte de la esfera y se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión necesaria para formar cilindros, si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3,2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer un elipsoide y a repetir el proceso, las veces que sean necesarias, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.

Posteriormente se determina el contenido de humedad a los cilindros moldeados.

Se repite éste procedimiento dos veces como mínimo, para obtener un promedio de las humedades.

Este procedimiento se realizó para la muestra N° 1:

Muestra N°1 : Suelo natural

Para las muestras:

Muestra N°2 : 25% de vinaza de caña de azúcar y 75% de agua

Muestra N°3 : 50% de vinaza de caña de azúcar y 50% de agua

Muestra N°4 : 75% de vinaza de caña de azúcar y 25% de agua

Se realizó una modificación antes de realizar el procedimiento descrito anteriormente para obtener el límite plástico:

Se preparó muestras reemplazando el agua a adicionar por un porcentaje de vinaza de caña de azúcar y agua, de acuerdo a sus respectivas dosificaciones, luego se procedió realizar el procedimiento normal antes descrito.





Figura 6. Realización del límite plástico

## Cálculos

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones.

Se determina con la siguiente fórmula:

$$\text{Límite plástico} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo seco}} \times 100$$

## Índice De Plasticidad

El índice plástico se obtiene de la diferencia entre el límite líquido y plástico, indicando la variación de la plasticidad del suelo.

## Referencias normativas

NTP 339.129:1999 (Revisada al 2014) Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.

ASTM D-4318 (Determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad).

### **Cálculos**

El índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico:

$$I. P. = \text{Limite liquido} - \text{Limite plástico}$$

- **Clasificación del suelo**

Determinando las características de los suelos será posible estimar con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos.

Existen sistemas para poder clasificar los suelos, los cuales nos facilitan un lenguaje común para expresar de manera sucinta las características del suelo, tenemos dos sistemas de clasificación que usan la distribución por tamaño de grano (granulometría) y plasticidad. (Das, 2012)(17)

#### **a. Clasificación de suelos AASHTO**

El Sistema de clasificación de suelos de la AASHTO fue propuesto originalmente para el Highway Research Board's Committee on Classification of Materials for Subgrades and Granular Type Roads (1945).

Este sistema de clasificación divide a los suelos en ocho grupos principales (A-1 a A-8), está basado en su distribución granulométrica, límite líquido e índice de plasticidad. Los suelos de los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales de grano grueso, los suelos de los grupos A-4,

A-5, A-6 y A-7 son materiales de grano fino, en el grupo A- 8 se encuentra la turba, el fango y otros suelos altamente orgánicos.

La evaluación cualitativa de la conveniencia de un suelo para ser sub rasante se determina Índice de grupo (IG)., entre mayor valor tenga, más deficiente será el desempeño del suelo como capa sub rasante. La fórmula para el índice de grupo es

$$IG = (F200 - 35) (0.2+ 0.005(LL - 40) + 0.01(F200 - 15) (IP- 10)$$

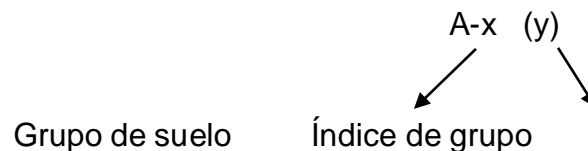
Donde:

F200 = Porcentaje que pasa la malla núm. 200, expresado como un número entero

LL = Límite líquido

IP = Índice de plasticidad

El IG se redondea al número entero más cercano y se escribe al lado del grupo de suelo entre paréntesis.



El índice de grupo para suelos de los grupos A-1-a, A-1-b, A-3, A-2-4 y A-2-5 es cero.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos de la muestra total pasa la malla núm. 200)						
	A-1			A-2			
	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis por mallas (% que pasa)							
Malla núm. 10	50 máx						
Malla núm. 40	30 máx	50 máx	51 mín				
Malla núm. 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx
Para la fracción que pasa							
Malla núm. 40							
Límite líquido (LL)				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad (IP)	6 máx		No plástico	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipo usual de material	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa			
Clasificación de la capa	Excelente a buena						
Clasificación general	Materiales de limo y arcilla (más de 35% de la muestra total pasa la malla núm. 200)						
	A-4	A-5	A-6	A-7			
				A-7-5 <sup>a</sup> A-7-6 <sup>b</sup>			
Análisis por mallas (% que pasa)							
Malla núm. 10							
Malla núm. 40							
Malla núm. 200	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín			
Para la fracción que pasa							
Malla núm. 40							
Límite líquido (LL)	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín			
Índice de plasticidad (IP)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín			
Tipo usual de material	Principalmente suelos limosos		Principalmente suelos arcillosos				
Calificación subrasante	Regular a malo						

<sup>a</sup>Si  $IP \leq LL - 30$ , la clasificación es A-7-5.  
<sup>b</sup>Si  $IP > LL - 30$ , la clasificación es A-7-6.

Figura 7 Sistema de clasificación de suelos de la AASHTO

Fuente: Das, B. M. (2012). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones. Mexico: Cengage Learning Editores.

## b. Sistema unificado (Unified Soil Classification System)

Este sistema lo propuso originalmente A. Casagrande en 1942 y más tarde lo revisó y adoptó el United States Bureau of Reclamation y el US Army Corps of Engineers.

En el sistema unificado se utilizan los símbolos siguientes para fines de identificación: Grava (G), Arena (S), Limo (M), Arcilla (C), Limos orgánicos (O), Turba y suelos altamente orgánicos (Pt), Alta plasticidad (H), Baja plasticidad (L), Bien graduado (W), Mal graduado (P).

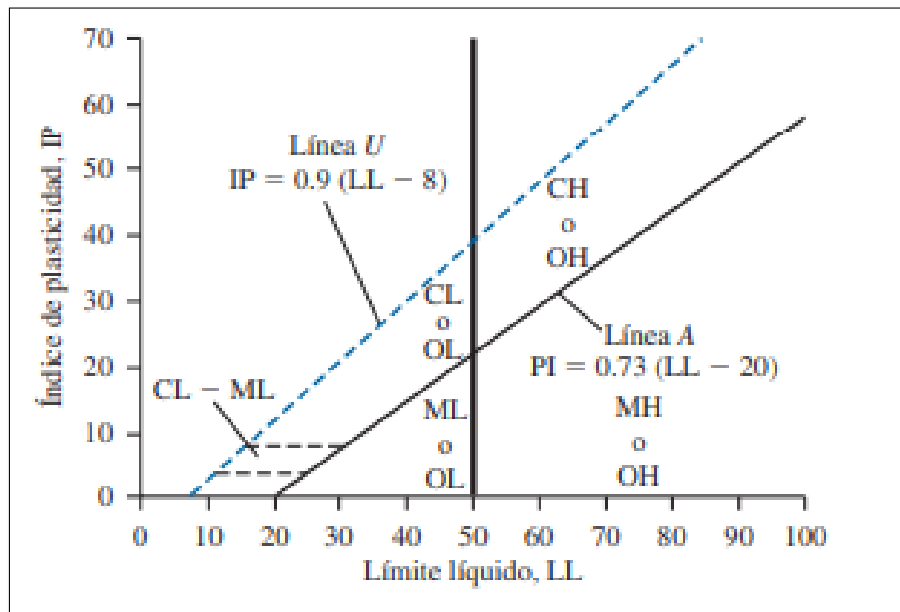


Figura 8 Gráfica de plasticidad

Fuente: Das, B. M. (2012). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones. Mexico: Cengage Learning Editores.

Criterios para asignar símbolos y nombres de grupo utilizando pruebas de laboratorio <sup>a</sup>				Clasificación del suelo	
				Símbolo de grupo	Nombre de grupo <sup>b</sup>
<b>Suelos de grano grueso</b> Más de 50% retenido en la malla núm. 200	Gravas Más de 50% de la fracción gruesa retenida en la malla núm. 4	Gravas limpias	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^e$	GW	Grava bien graduada <sup>f</sup>
		Menos de 5% finos <sup>c</sup>	$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^e$	GP	Grava mal graduada <sup>f</sup>
		Gravas con finos	Los finos se clasifican como ML o MH	GM	Grava limosa <sup>f, g, h</sup>
		Más de 12% finos <sup>c</sup>	Los finos se clasifican como CL o CH	GC	Grava arcillosa <sup>f, g, h</sup>
	Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla núm. 4	Arenas limpias	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^e$	SW	Arena bien graduada <sup>f</sup>
		Menos de 5% finos <sup>d</sup>	$C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3^e$	SP	Arena mal graduada <sup>f</sup>
Arena con finos		Los finos se clasifican como ML o MH	SM	Arena limosa <sup>g, h, i</sup>	
Más de 12% finos <sup>d</sup>		Los finos se clasifican como CL o CH	SC	Arena arcillosa <sup>g, h, i</sup>	
<b>Suelos de grano fino</b> 50% o más pasa la malla núm. 200	Limos y arcillas Límite líquido menor que 50	Inorgánicos	$IP > 7$ y se encuentra en o arriba de la línea "A" <sup>j</sup>	CL	Arcilla de baja compresibilidad <sup>k, l, m</sup>
			$IP < 4$ o se encuentra debajo de la línea "A" <sup>j</sup>	ML	Limo de baja compresibilidad <sup>k, l, m</sup>
		Orgánicos	$\frac{\text{Límite líquido—secado en horno}}{\text{Límite líquido—no secado}} < 0.75$	OL	Arcilla orgánica <sup>k, l, m, n</sup>
					Limo orgánico <sup>k, l, m, o</sup>
	Limos y arcillas Límite líquido 50 o mayor	Inorgánicos	$IP$ se encuentra en o arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta compresibilidad <sup>k, l, m, n</sup>
				$IP$ se encuentra debajo de la línea "A"	MH
Orgánicos		$\frac{\text{Límite líquido—secado en horno}}{\text{Límite líquido—no secado}} < 0.75$	OH	Arcilla orgánica <sup>k, l, m, p</sup>	
				Limo orgánico <sup>k, l, m, q</sup>	
<b>Suelos altamente orgánicos</b>	Principalmente materia orgánica, de color oscuro y olor orgánico			PT	Turba

<sup>a</sup>Con base en el material que pasa la malla de 75 mm (3 in).  
<sup>b</sup>Si la muestra de campo contenía cantos rodados o piedra bola, o ambos, agregue "con cantos rodados o piedra bola, o ambos" al nombre de grupo.  
<sup>c</sup>Gravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: grava bien graduada con limo, GW-GM; grava bien graduada con arcilla, GW-GC; grava mal graduada con limo, GP-GM; grava mal graduada con arcilla, GP-GC.  
<sup>d</sup>Arenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: arena bien graduada con limo SW-SM; arena bien graduada con arcilla SW-SC; arena mal graduada con limo SP-SM; arena mal graduada con arcilla SP-SC.  
<sup>e</sup> $C_u = D_{60}/D_{10}$   $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$   
<sup>f</sup>Si el suelo contiene  $\geq 15\%$  de arena, agregue "con arena" al nombre de grupo.  
<sup>g</sup>Si los finos se clasifican como CL-ML, utilice el símbolo doble GC-GM o SC-SM.  
<sup>h</sup>Si los finos son orgánicos, agregue "con finos orgánicos" al nombre de grupo.  
<sup>i</sup>Si el suelo contiene  $\geq 15\%$  de grava, agregue "con grava" al nombre de grupo.  
<sup>j</sup>Si los límites de Atterberg se encuentran en el área sombreada, el suelo es una arcilla limosa, CL-ML.  
<sup>k</sup>Si el suelo contiene 15 a 29% más la malla núm. 200, agregue "con arena" o "con grava," lo que predomine.  
<sup>l</sup>Si el suelo contiene  $\geq 30\%$  más la malla núm. 200, predominantemente arena, agregue "arenoso" al nombre de grupo.  
<sup>m</sup>Si el suelo contiene  $\geq 30\%$  más la malla núm. 200, predominantemente grava, agregue "gravoso" al nombre de grupo.  
<sup>n</sup>Si  $IP \geq 4$  y se encuentra en o arriba de la línea "A."  
<sup>o</sup>Si  $IP < 4$  o se encuentra debajo de la línea "A."  
<sup>p</sup>Si  $IP$  se encuentra en o arriba de la línea "A."  
<sup>q</sup>Si  $IP$  se encuentra debajo de la línea "A."

Figura 9 Gráfica de la Unified Soil Classification (según la ASTM, 2009)

Fuente: Das, B. M. (2012). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones. Mexico: Cengage Learning Editores.

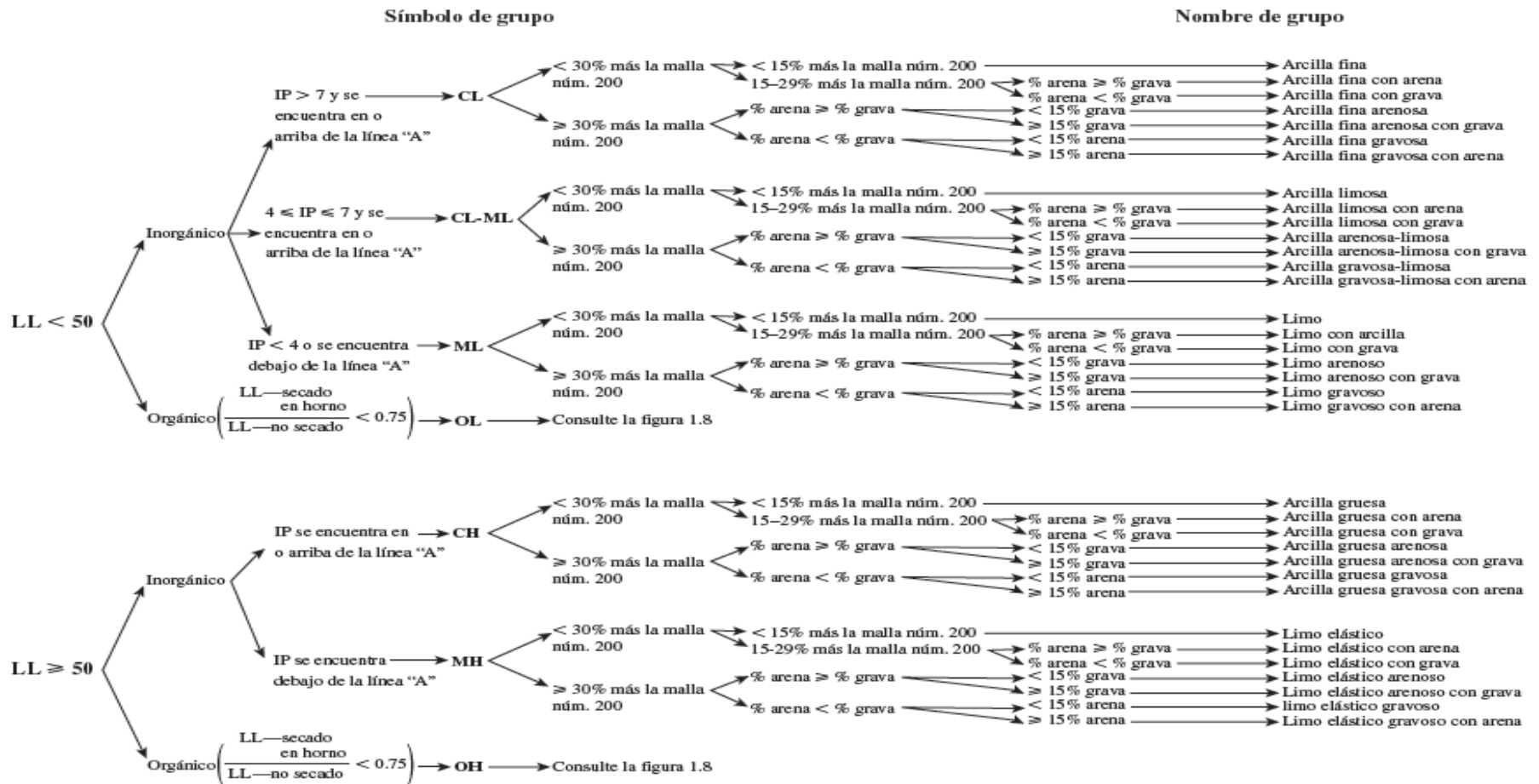


Figura 10 Diagrama de flujo para clasificar suelos de grano fino (50% o más pasa la malla núm. 200) (según ASTM, 2009)  
 Fuente: Das, B. M. (2012). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones. Mexico: Cengage Learning Editores.

- **Ensayo proctor**

Mediante éste ensayo se determina el contenido de humedad para el cual el suelo alcanza su máxima densidad seca.

### **Referencias normativas**

MTC E115

NTP 339.141:1999 (revisada el 2014) Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada.

ASTM D 1557 Métodos de prueba estándar para las características de compactación de laboratorio de suelo utilizando esfuerzo modificado.

### **Equipos y accesorios**

Moldes cilíndricos de 4 pulgadas

Pisón manual

Tamices de malla cuadrada ( $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{3}{8}$ ",  $\frac{1}{4}$ " , N°4)

Balanza calibrada

Horno de secado

Regla metálica

Bandejas

### **Muestra**

Determinar el porcentaje de material retenido en la malla ( $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{3}{8}$ ",  $\frac{1}{4}$ " y N°4 para escoger el Método A, B ó C.

### **METODO "A"**

Molde : 4 "

Material : Se emplea el que pasa por el tamiz 4,75 mm (N° 4)



N° de capas : 5

Golpes por capa: 25

Uso : Cuando el 20 % ó menos del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (N° 4).

#### METODO "B"

Molde : 4 “

Material : Se emplea el que pasa por el tamiz de 9,5 mm ( $\frac{3}{8}$ ”).

N° de capas : 5

Golpes por capa: 25

Uso : Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (N°4) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 9,5 mm ( $\frac{3}{8}$ ”).

#### METODO "C"

Molde : 6 “

Material : Se emplea el que pasa por el tamiz 19,0 mm ( $\frac{3}{4}$  “).

N° de capas : 5

Golpes por capa: 56

Uso : Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (N°4) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 9,5 mm ( $\frac{3}{8}$ ”).

#### **Procedimiento**

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), según el método. Preparar mínimo cuatro (preferiblemente cinco) muestras.

Añadir cantidades requeridas de agua para que los contenidos de agua de los especímenes tengan diferentes valores de contenido de agua.

Registrar el peso del molde y el plato de base, ensamblar y asegurar el molde y el collar al plato base. Colocar el molde sobre una superficie uniforme y rígida.

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.

Se procede a compactar el espécimen en cinco capas aproximadamente el mismo espesor. 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).

Determinar y registrar la masa del espécimen y molde, posteriormente remover el espécimen del molde. Obtener un espécimen para determinar el contenido de agua.

### **Cálculos**

Calcule el Peso Unitario Seco y Contenido de Agua para cada espécimen compactado.

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

Donde:

$\rho_m$  = Densidad húmeda del espécimen compactado

$M_t$  = Masa del espécimen húmedo y molde

$M_{md}$  = Masa del molde de compactación

$V$  = Volumen del molde de compactación

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{W}{100}}$$

Donde:

$\rho_d$  = Densidad seca del espécimen compactado

$w$  = Contenido de agua (%)

Graficar la curva de compactación y determinar la Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad.

Este procedimiento se realizó para la muestra N° 1:

Muestra N°1 : Suelo natural

Para las muestras:

Muestra N°2 : 25% de vinaza de caña de azúcar y 75% de agua

Muestra N°3 : 50% de vinaza de caña de azúcar y 50% de agua

Muestra N°4 : 75% de vinaza de caña de azúcar y 25% de agua

Se realizó una modificación antes de realizar el procedimiento descrito anteriormente:

Se preparó muestras reemplazando el agua a adicionar por un porcentaje de vinaza de caña de azúcar y agua, de acuerdo a sus respectivas dosificaciones, luego se procedió realizar el procedimiento normal antes descrito.



*Figura 11.* equipos utilizados para el ensayo Proctor



*Figura 12. Colocación del suelo en el molde*



*Figura 13. Compactación del suelo*

- **Ensayo CBR**

Con éste ensayo se determina la capacidad de soporte (CBR) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables.

**Referencias normativas**

MTC E132

NTP 339.145:1999 (revisada el 2014) Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.

ASTM D 1883 Método de prueba estándar para California Bearing Ratio (CBR) de suelos compactados en laboratorio.

### **Equipos y accesorios**

Prensa

Molde cilíndrico de metal de 6".

Disco espaciador de metal de forma circular

Dos diales

Tanque, con capacidad para la inmersión de los moldes en agua

Pisón de compactación

Aparato medidor de expansión (Placa de metal perforada, trípode que lleve montado un dial (deformímetro))

Pesas anulares de metal

Pistón de penetración metálico

Tamices de malla cuadrada  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{3}{8}$ ", N°4

Balanza calibrada

Horno de secado

Bandejas

### **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 para la compactación de un molde de 152,4mm (6") excepto por lo siguiente.

### **Procedimiento**

El procedimiento es tal que los valores de la relación de soporte se obtienen a partir de especímenes de ensayo que posean el mismo peso unitario y contenido de agua que se espera encontrar en el terreno. En

general, la condición de humedad crítica (más desfavorable) se tiene cuando el material está saturado.

Se determina la humedad óptima y la densidad máxima por medio del ensayo de compactación elegido. Se compacta un número suficiente de especímenes con variación en su contenido de agua, con el fin de establecer definitivamente la humedad óptima y el peso unitario máximo.

Posteriormente a la compactación, se quita el collar y se engrasa el espécimen, se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido, sin disco espaciador, colocando un papel filtro, pesar y registrar el peso. Inmersión.

Colocar sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago, y, sobre ésta, los anillos necesarios para completar una sobrecarga tal, que produzca una presión equivalente a la originada por todas las capas de materiales que hayan de ir encima del suelo.

Registrar la primera lectura para medir el hinchamiento colocando el trípode de medida con sus patas sobre los bordes del molde, haciendo coincidir el vástago del dial con el de la placa perforada.

Sumergir la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días) con el nivel de agua aproximadamente constante.

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

Se saca el molde del tanque y se vierte el agua retenida, dejando escurrir el molde durante 15 minutos, retirar la sobrecarga y la placa perforada, pesar la muestra.

Se aplica una sobrecarga que sea suficiente, para producir una intensidad de carga no menor de 4,54 kg. Para evitar el empuje hacia arriba del suelo dentro del agujero de las pesas de sobrecarga.

Llevar el conjunto a la prensa y colocar en el orificio central de la sobrecarga anular, el pistón de penetración y añadir el resto de la sobrecarga si hubo inmersión, hasta completar la que se utilizó en ella.

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.

Poner las agujas de los diales en cero, seguidamente se aplica la carga sobre el pistón de penetración con una velocidad de penetración uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto, anotando las lecturas para las diferentes penetraciones, para finalizar se desmonta el molde.

Este procedimiento se realizó para la muestra N° 1:

Muestra N°1 : Suelo natural

Para las muestras:

Muestra N°2 : 25% de vinaza de caña de azúcar y 75% de agua

Muestra N°3 : 50% de vinaza de caña de azúcar y 50% de agua

Muestra N°4 : 75% de vinaza de caña de azúcar y 25% de agua

Se realizó una modificación antes de realizar el procedimiento descrito anteriormente:

Se preparó muestras reemplazando el agua a adicionar por un porcentaje de vinaza de caña de azúcar y agua, de acuerdo a sus respectivas dosificaciones, luego se procedió realizar el procedimiento

normal antes descrito. Luego de la compactación se dejó la muestra por 3 días para antes de llevar el conjunto a la prensa y realizar la penetración.



Figura 14. Realización de la compactación - Ensayo CBR

### 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:

$$\% \text{ Agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$$

Donde:

H = Humedad prefijada

h = Humedad natural

La expansión es calculada por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión.

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L2 - L1}{\text{Altura del molde (mm)}} \times 100$$



Donde

L1 = Lectura inicial en mm.

L2 = Lectura final en mm.

Para calcular el índice CBR se dibuja una curva que relacione las presiones (ordenadas) y las penetraciones (abscisas). se toma los valores de esfuerzo-penetración para los valores de 2,54 mm (0.1 pulg.) calcúlense los valores de relación de soporte correspondientes, dividiendo los esfuerzos corregidos por los esfuerzos de referencia 6,9 MPa ( $10001b/plg^2$ ) y multiplíquese por 100.

### **3.9.3. Fase de gabinete**

#### **Tabular y ordenar los datos.**

Posteriormente a la recopilación de datos, se ordenó y tabuló los datos de cada muestra obtenidos de los ensayos de laboratorio, para poder procesar y realizar los cálculos respectivos.

#### **Procesar y calcular los datos utilizando software y hojas de cálculo en Excel.**

Se realizaron los cálculos utilizando las fórmulas establecidas en las normas de cada ensayo realizado.

#### **Presupuesto**

Se calculó el costo para un metro cuadrado de suelo estabilizado con la vinaza de caña de azúcar, así mismo del suelo estabilizado con Cal, se realiza a la comparación y se determina cual es más económica.

### **Verificación de la hipótesis.**

Posteriormente a procesar los datos, se procedió a la verificación de la hipótesis, contrastando con los resultados obtenidos.

### **Determinación de conclusiones y recomendaciones.**

En base a la verificación de las hipótesis, tanto general y específicas se procedió a realizar las conclusiones de la investigación, asimismo se hizo las recomendaciones.

## **CAPITULO IV:**

### **RESULTADOS**

#### **4.1. Resultados específicos**

##### **a. Propiedades físicas y mecánicas del suelo natural del Jr. San Martin**

Se realizó ensayos de laboratorio para obtener las características físicas y mecánicas del suelo natural, para tal fin se procedió a realizar el ensayo de análisis granulométrico, contenido de humedad, se determinó los límites de Atterberg con ello se calculó el índice de plasticidad, se calculó el índice de grupo, se clasificó el suelo, se realizó el ensayo de proctor y se realizó el ensayo CBR.

- **Análisis granulométrico**

Se realizó el ensayo de análisis granulométrico de la muestra N°1, el cual es el suelo natural.

Tabla 3  
Análisis granulométrico del suelo natural

SUELO NATURAL			MUESTRA N°1		
	TARA	225.08		T + M. LAB SECA	327.82
	T + M. SECA	1161.16		M. LAB SECA	102.74
TAMIZ	ABERT. (mm)	RET	%RET	%RET ACUM	% PASA
3"	75	0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	62	0	0.0	0.0	100.0
2"	50	0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.5	0	0.0	0.0	100.0
1"	25	0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19	13.06	1.4	1.4	98.6
1/2"	12.5	4.27	0.5	1.9	98.1
3/8"	9.5	0	0.0	1.9	98.1
1/4"	6.3	0	0.0	1.9	97.9
Nº 4	4.75	3.42	0.4	2.2	97.8
Nº 10	2	2.79	0.3	2.5	97.5
Nº 20	0.85	4.79	0.5	3.0	97.0
Nº 40	0.43	8.50	0.9	3.9	96.1
Nº 60	0.25	8.83	0.9	4.9	95.1
Nº 140	0.106	29.23	3.1	8.0	92.0
Nº 200	0.075	27.85	3.0	11.0	89.0
FONDO	0	833.34	89.0	100.0	0
		936.08	100		

Grava (%)	2.2
Arena (%)	8.8
Finos (%)	89.0

Fuente: Elaboración propia

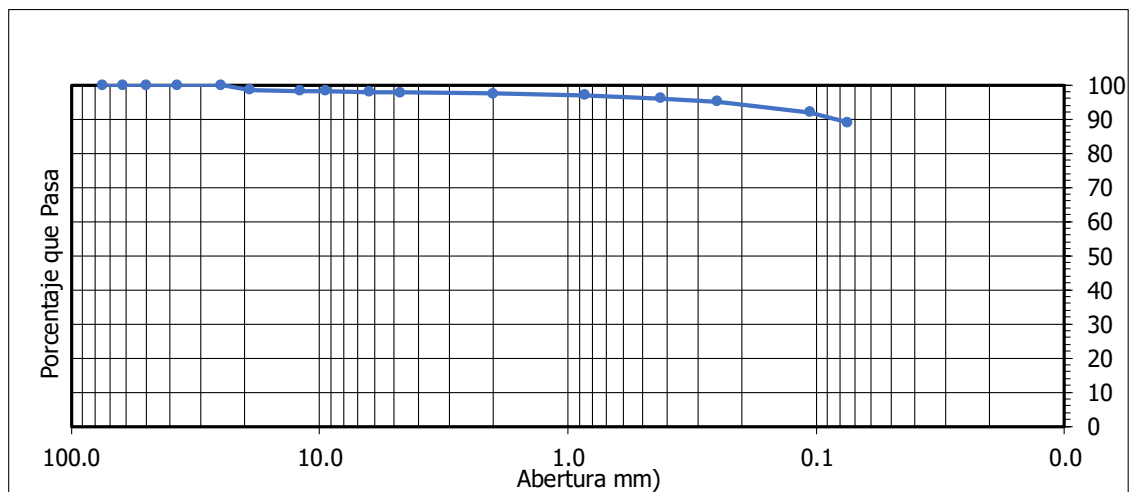


Figura 15. Curva granulométrica de la muestra N°1 - Suelo natural

Según el análisis granulométrico se obtuvo que el suelo natural presenta un porcentaje de grava en 2.2%, arena 8.8% y finos en un 89% del peso de la muestra, por lo tanto, es un suelo fino.

- **Contenido de humedad**

Se obtuvo el contenido de humedad del suelo natural, que consiste en determinar el porcentaje de agua que posee una muestra de suelo con respecto al peso seco de una muestra.

Tabla 4  
*Contenido de humedad del suelo natural*

<b>Suelo Natural</b>	
<b>T</b>	109.65
<b>T+Mh</b>	362.62
<b>T+Ms</b>	326.05
<b>Peso de agua</b>	36.57
<b>Peso seco</b>	216.4
<b>Humedad</b>	<b>16.90</b>

Fuente: Elaboración propia

El suelo natural tiene una humedad de 16.90%

- **Plasticidad**

La plasticidad representa los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse para ello se determinó los límites de Atterberg para ello se realizó el ensayo para determinar el límite plástico, el ensayo para determinar el límite líquido y se calculó el índice plástico.

### Límite Líquido

Tabla 5  
*Límite líquido del suelo natural*

	<b>1º</b>	<b>2º</b>	<b>3º</b>	<b>4º</b>
<b>PENETRACION</b>	8.55714286	11.8571429	16.44	21.1285714
<b>T</b>	109.96	109.45	109.6	112.01
<b>T+Mh</b>	132.00	125.59	133.87	139.65
<b>T+Ms</b>	126.37	121.35	127.20	131.76
<b>Peso de agua</b>	5.63	4.242	6.669	7.892
<b>Peso seco</b>	16.41	11.9	17.6	19.75
<b>Humedad(W%)</b>	34.31	35.65	37.89	39.96

PENETRACIÓN	W(%)
8.55714286	34.31
11.8571429	35.65
16.44	37.89
21.1285714	39.96

Fuente: Elaboración propia

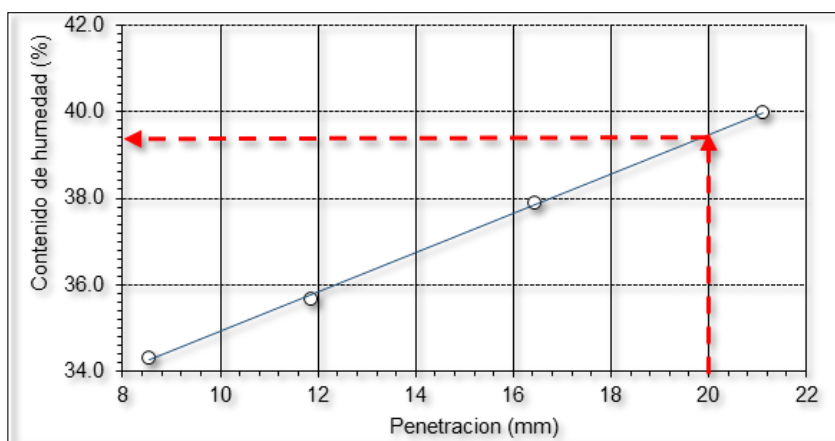


Figura 16. Curva de fluidez del suelo natural

El suelo natural tiene un límite líquido es 39.40%

### Límite Plástico

Tabla 6

Límite plástico del suelo natural

	1º	2º
<b>T</b>	28.58	26.54
<b>T+Mh</b>	43.28	43.01
<b>T+Ms</b>	41.25	40.6
<b>Peso de agua</b>	2.03	2.41
<b>Peso seco</b>	12.67	14.06
<b>Humedad</b>	16.02	17.14

Fuente: Elaboración propia

El suelo natural tiene un límite plástico es 16.58%

## Índice De Plasticidad

Tabla 7  
*Índice de plasticidad del suelo natural*

Limite liquido	39.40%
Limite plástico	16.58%
<b>Índice de plasticidad</b>	<b>22.82%</b>

Fuente: Elaboración propia

El índice de plasticidad del suelo natural es 22.82%, por lo tanto, el suelo natural tiene una plasticidad alta y es un suelo muy arcilloso según el cuadro 4.6 del Manual de carreteras: suelos y pavimentos y el contenido de arcilla es un elemento riesgoso en la sub rasante y para la estructura del pavimento.

### • Clasificación del suelo

#### Muestra N°1

% pasa malla 200 = 89

Limite Liquido = 39.4 %

Limite Plástico = 16.58 %

Índice de plasticidad = 22.82 %

Índice de Grupo=  $0.2(F-35) + 0.005((F-35) (LL-40)) + 0.01((F-15) (IP-10))$   
=20

#### Clasificación SUCS:

CL: Arcilla inorgánica de baja plasticidad o media plasticidad

#### Clasificación AASHTO:

A-6 (20).

### • Ensayo proctor

Se realizó el método de proctor modificado para determinar la máxima densidad seca en relación con el contenido de humedad del suelo natural.

Tabla 8  
 Ensayo proctor modificado del suelo natural

Muestra N°1:Suelo Natural				
Peso suelo + molde	6871	7276	7480	7598
Peso del molde	3271	3271	3271	3271
Peso suelo húmedo compactado	3600	4005	4209	4327
Peso volumétrico húmedo	1.711	1.904	2.000	2.057
Peso suelo Húmedo + tara	294.56	340.21	230.48	254.23
Peso suelo seco + tara	280.26	314.09	213.89	230.00
Tara	112.25	109.54	111.45	110.24
Peso del agua	14.3	26.12	16.59	24.23
Peso suelo seco	168.01	204.55	102.439	119.76
Contenido de agua	<b>8.51</b>	<b>12.77</b>	<b>16.20</b>	<b>20.23</b>
Peso volumétrico seco	<b>1.577</b>	<b>1.688</b>	<b>1.722</b>	<b>1.710</b>

Fuente: Elaboración propia

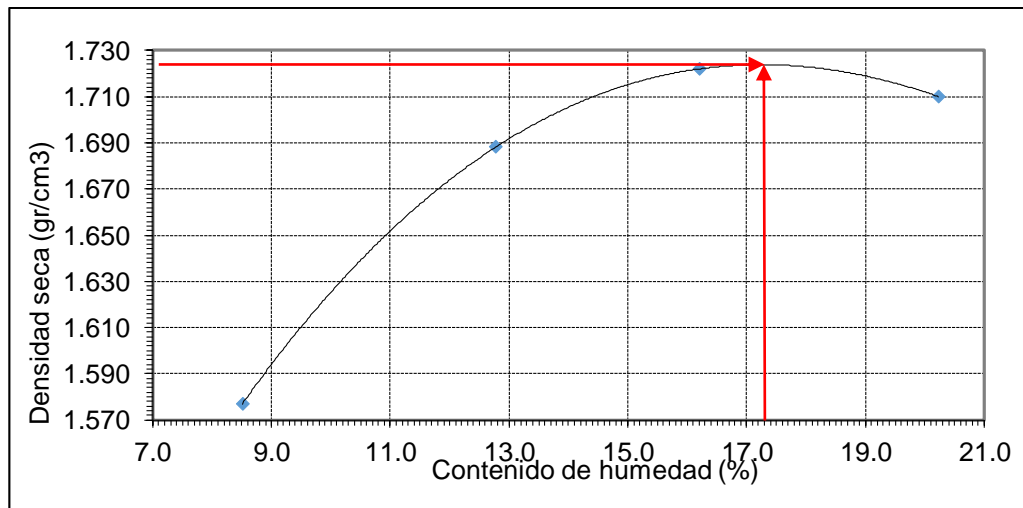


Figura 17. Curva de compactación del suelo natural

La máxima densidad seca del suelo natural es 1.722 gr/cm<sup>3</sup> con una humedad de 17.10%.

- **Ensayo CBR (valor soporte o resistencia del suelo)**

Con el fin de determinar la capacidad de soporte de suelo natural se realizó el ensayo CBR.



Tabla 9  
*Compactación de CBR-suelo natural*

Molde N°	A	B	C
Capas N°	5	5	5
N° de golpes por capa	56	25	10
Peso del molde + suelo húmedo	12500	12122	12198
Peso del molde	8360	8060	8435
Peso del suelo húmedo	4140	4062	3763
Volumen del molde	2048	2048	2048
Densidad húmeda	2.021	1.983	1.837
% de humedad	17.10	17.10	17.10
Densidad seca	1.726	1.694	1.569

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10  
*Expansión del suelo-suelo natural*

Molde		A	B	C
<b>DIAL (MM) L1</b>	0	0.000	0.000	0.000
<b>DIAL (MM) L2</b>	96	1.480	1.750	2.300
% expansión		1.269	1.501	1.973

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11  
*Penetración de la muestra- suelo natural*

Penetrac.	56 golpes			25 golpes			10 golpes		
	kg	lbs	lbs/pul2	kg	lbs	lbs/pul2	kg	lbs	lbs/pul2
0.025	32.6	72	24	30.4	67	22	29.1	64	21
0.050	56.2	124	41	43.2	95	32	34.2	75	25
0.075	73.0	161	54	57.1	126	42	40.3	89	30
0.100	86.4	191	64	72.9	161	54	45.2	100	33
0.150	95.8	211	70	85.4	188	63	52.8	116	39
0.200	104.2	230	77	93.1	205	68	57.8	127	42
0.250	113.9	251	84	99.2	219	73	61.8	136	45
0.300	126.4	279	93	108.2	239	80	65.7	145	48
0.400	153.7	339	113	127.5	281	94	69.3	153	51
0.500	185.6	409	136	145.7	321	107	75.9	167	56

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12  
Resultados de CBR y densidad seca-suelo natural

N° Golpes	% CBR	D.S.
56	6.4	1.726
25	5.4	1.694
10	3.3	1.569

Fuente: Elaboración propia

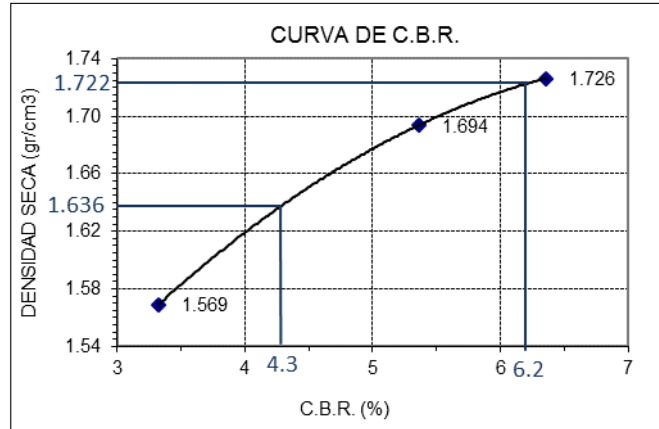


Figura 18. Curva C.B.R.-suelo natural

Tabla 13  
CBR de la muestra N° 1 - Suelo natural

CBR de la muestra N°1: Suelo natural							
Espécimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	Expansión %	Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
1	56	6.4	1.726	1.269	0.1	100.0	6.2
2	25	5.4	1.694	1.501	0.1	95.0	<b>4.3</b>
3	10	3.3	1.569	1.973			

Fuente: Elaboración propia

El suelo natural tiene un CBR de 4.3% al 95% de la máxima densidad seca a una penetración 0.1 pulgadas. Según el acápite 4.5.4 del Manual de carreteras: suelos y pavimentos los materiales con CBR menor al 6% no son aptos para sub rasante, así como también según el cuadro 4.11 de dicho manual tenemos una sub rasante insuficiente ya que es mayor a 3% y menor a 6%.

Tabla 14  
Resumen propiedades del suelo natural

		Suelo Natural
% Grava		2.20%
% Arena		8.80%
% Finos		89%
Contenido de Humedad		16.90%
Límites de Atterberg	LL	39.40%
	LP	16.58%
	IP	22.82%
Índice Grupo		20
Clasificación	SUCS	CL
	AASHTO	A-6(20)
MDS		1.722 gr/cm <sup>3</sup>
OCH		17.10%
Expansión	56 golpes	1.269
	25 golpes	1.501
	10 golpes	1.973
CBR al 95%		4.30%

Fuente: Elaboración propia

Se analizó los resultados según el Manual de carreteras: suelos pavimentos, se determinó que el suelo de estudio tiene un índice de plasticidad de 22.82% por lo tanto es muy arcillosos con plasticidad alta, el índice de grupo es 20 por consiguiente es una sub rasante inadecuada, tiene un CBR de 4.3% por lo tanto no es apto para sub rasante y es una sub rasante insuficiente. Por lo tanto, las características físicas y mecánicas que presenta el suelo del Jr. San Martín, Palian, son deficientes para ser una sub rasante según la norma.

**b. Efectos de la vinaza de caña de azúcar en el mejoramiento en las propiedades física - mecánicas del suelo cohesivo.**

Se realizó ensayos de laboratorio para obtener las características físicas y mecánicas del suelo con adición de vinaza de caña de azúcar en diferentes dosificaciones: 25% de vinaza y 75% de agua, 50% de vinaza y 25% de agua, 75% de vinaza y 25% de agua.

• **Análisis granulométrico**

Se realizó el ensayo de análisis granulométrico de la muestra N°2, muestra N°3, muestra N°4.

**Muestra N°2:**

Tabla 15  
Análisis granulométrico de la muestra N° 2

25%vinaza y 75%agua			MUESTRA N° 2		
	<b>TARA</b>	225.08		<b>T + M. LAB SECA</b>	334.69
	<b>T + M. SECA</b>	1172.35		<b>M. LAB SECA</b>	109.61
TAMIZ	ABERT. mm	RET	%RET	%RET ACUM	% PAS.
3"	75	0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	62	0	0.0	0.0	100.0
2"	50	0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.5	0	0.0	0.0	100.0
1"	25	0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19	14.02	1.5	1.5	98.5
1/2"	12.5	5.63	0.6	2.1	97.9
3/8"	9.5	0	0.0	2.1	97.9
1/4"	6.3	0	0.0	2.1	97.6
N° 4	4.75	4.55	0.5	2.6	97.4
N° 10	2	3.78	0.4	3.0	97.0
N° 20	0.85	5.69	0.6	3.6	96.4
N° 40	0.43	10.11	1.1	4.6	95.4
N° 60	0.25	9.26	1.0	5.6	94.4
N° 140	0.106	24.36	2.6	8.2	91.8
N° 200	0.075	32.21	3.4	11.6	88.4
FONDO	0	837.66	88.4	100.0	0
		947.27	100		

Grava (%)	2.6
Arena (%)	9.0
Finos (%)	88.4

Fuente: Elaboración propia

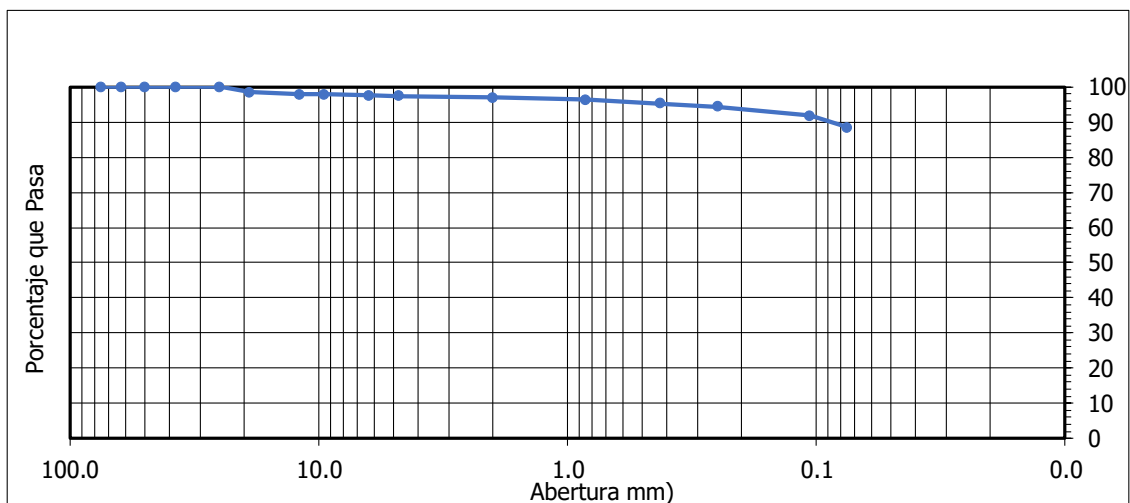


Figura 19. Curva granulométrica de la muestra N° 2

### Muestra N°3

Tabla 16  
Análisis granulométrico de la muestra N° 3

50%winaza y 50%agua			MUESTRA N°3		
	TARA	225.08		T + M. LAB SECA	345.93
	T + M. SECA	1172.89		M. LAB SECA	120.85
TAMIZ	ABERT. mm	RET	%RET	%RET ACUM	% PAS.
3"	75	0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	62	0	0.0	0.0	100.0
2"	50	0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.5	0	0.0	0.0	100.0
1"	25	0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19	15.21	1.6	1.6	98.4
1/2"	12.5	6.79	0.7	2.3	97.7
3/8"	9.5	2.56	0.3	2.6	97.4
1/4"	6.3	0	0.0	2.6	97.0
N° 4	4.75	6.23	0.7	3.2	96.8
N° 10	2	4.59	0.5	3.7	96.3
N° 20	0.85	6.12	0.6	4.4	95.6
N° 40	0.43	11.24	1.2	5.6	94.4
N° 60	0.25	10.10	1.1	6.6	93.4
N° 140	0.106	22.12	2.3	9.0	91.0
N° 200	0.075	35.89	3.8	12.8	87.2
FONDO	0	826.96	87.2	100.0	0
		947.81	100		

Grava (%)	3.2
Arena (%)	9.5
Finos (%)	87.2

Fuente: Elaboración propia

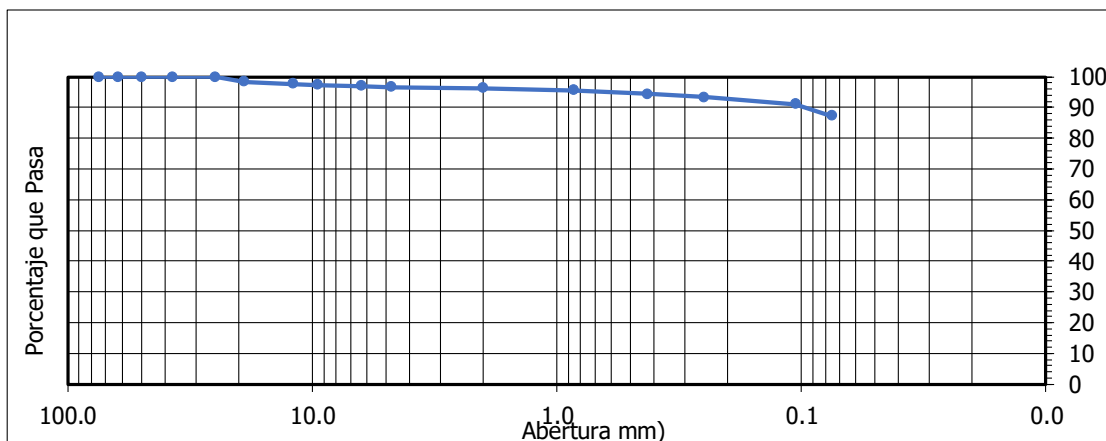


Figura 20. Curva granulométrica de la muestra N° 2

### Muestra N°4

Tabla 17

Análisis granulométrico de la muestra N° 4

75%vinaza y 25%agua			MUESTRA N°4		
	<b>TARA</b>	225.08		<b>T + M. LAB SECA</b>	311.6
	<b>T + M. SECA</b>	1172.54		<b>M. LAB SECA</b>	86.52
TAMIZ	ABERT. mm	RET	%RET	%RET ACUM	% PAS.
3"	75	0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	62	0	0.0	0.0	100.0
2"	50	0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.5	0	0.0	0.0	100.0
1"	25	0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19	9.08	1.0	1.0	99.0
1/2"	12.5	5.27	0.6	1.5	98.5
3/8"	9.5	2.56	0.3	1.8	98.2
1/4"	6.3	0	0.0	1.8	98.0
N° 4	4.75	2.56	0.3	2.1	97.9
N° 10	2	4.96	0.5	2.6	97.4
N° 20	0.85	7.56	0.8	3.4	96.6
N° 40	0.43	10.21	1.1	4.5	95.5
N° 60	0.25	7.26	0.8	5.2	94.8
N° 140	0.106	19.52	2.1	7.3	92.7
N° 200	0.075	17.54	1.9	9.1	90.9
FONDO	0	860.94	90.9	100.0	0
		947.46	100		

Grava (%)	2.1
Arena (%)	7
Finos (%)	90.9

Fuente: Elaboración propia

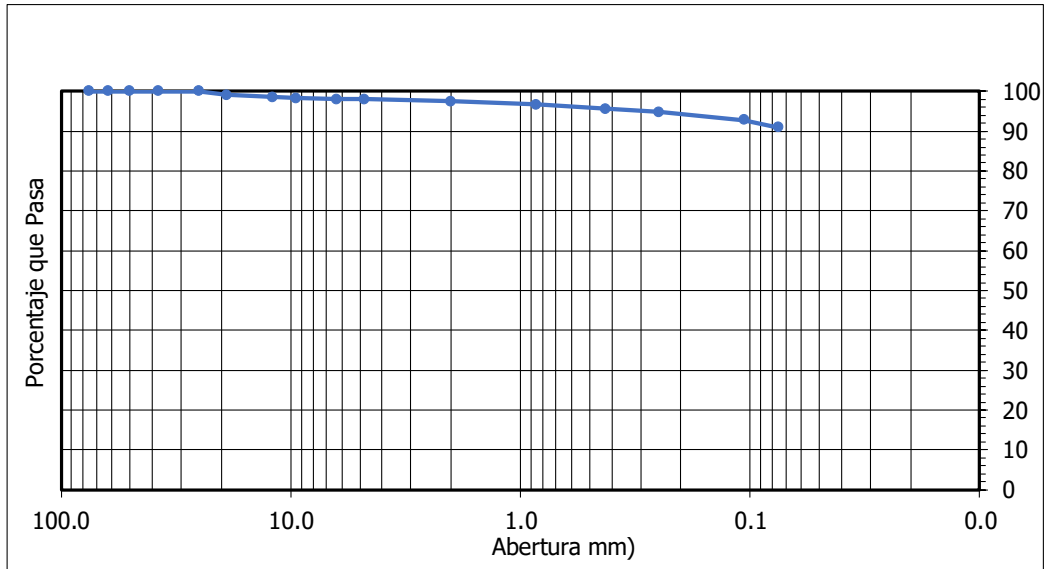


Figura 21. Curva granulométrica de la muestra N° 4

Según el análisis granulométrico de las muestras N°2, muestra N°3 y muestra N°4 se obtuvo que el suelo presenta un mayor porcentaje de finos en un 88.4%, 87.2 y 90.9 respectivamente, siendo este un suelo fino.

• **Plasticidad**

Se determinó los límites de Atterberg para ello se realizó el ensayo para determinar el límite plástico, el ensayo para determinar el límite líquido y se calculó el índice plástico de la muestra N°2, muestra N°3, muestra N°4 con las diferentes dosificaciones de vinaza de caña de azúcar.

## Muestra N°2: 25% Vinaza de caña de azúcar + 75% agua

### Límite Líquido

Tabla 18

Límite líquido de la muestra N° 2

	1°	2°	3°	4°
<b>PENETRACION</b>	8.75	11.95	16.62	21.21
<b>T</b>	25.61	26.54	28.59	28.04
<b>T+Mh</b>	135.26	136.58	139.56	139.65
<b>T+Ms</b>	107.25	107.53	109.02	107.79
<b>Peso de agua</b>	28.006	29.05	30.545	31.864
<b>Peso seco</b>	81.644	80.99	80.425	79.748
<b>Humedad</b>	34.3	35.87	37.98	39.96

Penetración	W(%)
8.75	34.3
11.95	35.87
16.62	37.98
21.21	39.96

Fuente: Elaboración propia

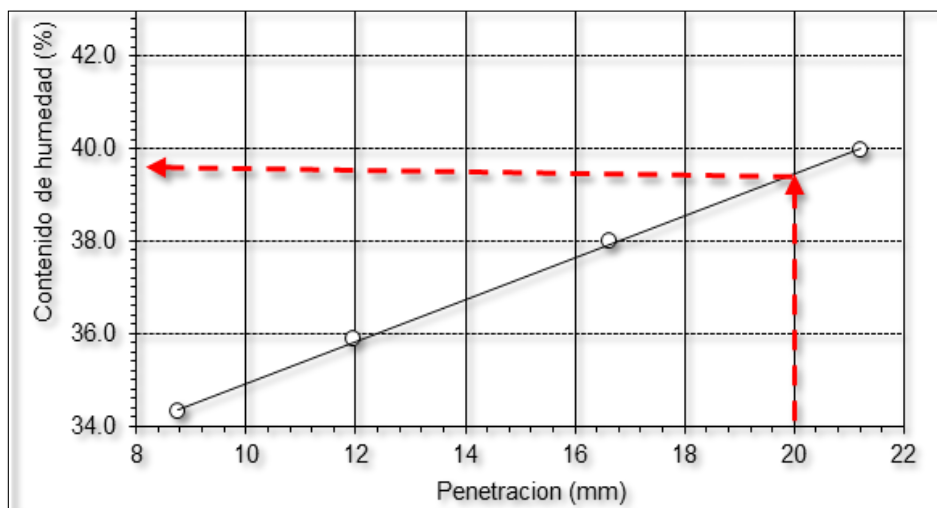


Figura 22. Curva de fluidez de la muestra N° 2

La muestra N°2 tienen un límite líquido de 39.60%.



## Límite Plástico

Tabla 19  
Límite plástico de la muestra N° 2

	1°	2°
<b>T</b>	28.58	26.54
<b>T+Mh</b>	44.63	44.63
<b>T+Ms</b>	42.16	41.43
<b>Peso de agua</b>	2.465	3.199
<b>Peso seco</b>	13.58	14.89
<b>Humedad</b>	18.15	21.48

Fuente: Elaboración propia

La muestra N°2 tienen un límite plástico de 19.82%.

## Índice De Plasticidad

Tabla 20  
*Índice de plasticidad de la muestra N° 2*

<b>Límite líquido</b>	39.60%
<b>Límite plástico</b>	19.82%
<b>Índice de plasticidad</b>	<b>19.78%</b>

Fuente: Elaboración propia

El índice de plasticidad es 19.78%, por lo tanto, el suelo de la muestra N°2 tiene una plasticidad media y es un suelo arcilloso según el cuadro 4.6 del Manual de carreteras: suelos y pavimentos.

## Muestra N°3: 50% vinaza de caña de azúcar+50% de agua

### Límite Líquido

Tabla 21

Límite líquido de la muestra N° 3

	1º	2º	3º	4º
<b>PENETRACION</b>	8.65	11.84	16.45	21.03
<b>T</b>	25.61	26.54	28.59	28.04
<b>T+Mh</b>	132.59	134.10	138.18	138.97
<b>T+Ms</b>	107.22	106.98	108.54	107.29
<b>Peso de agua</b>	25.37	27.12	29.64	31.68
<b>Peso seco</b>	81.61	80.44	79.95	79.25
<b>Humedad</b>	31.09	33.71	37.07	39.97

Penetración	W(%)
8.65	31.09
11.84	33.71
16.45	37.07
21.03	39.97

Fuente: Elaboración propia

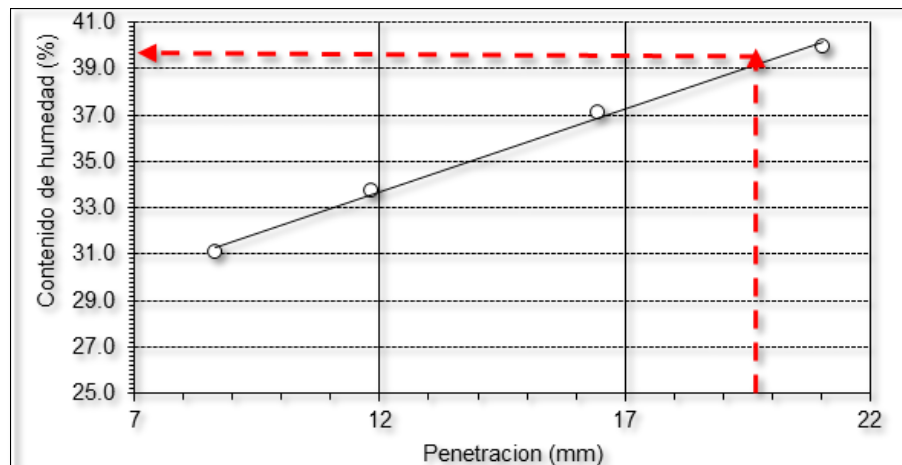


Figura 23. Curva de fluidez de la muestra N° 3

La muestra N°3 tienen un límite líquido de 39.75%.

## Límite Plástico

Tabla 22  
*Límite plástico de la muestra N° 3*

	1º	2º
<b>T</b>	28.58	26.54
<b>T+Mh</b>	45.7	44.66
<b>T+Ms</b>	43.05	41.26
<b>Peso de agua</b>	2.65	3.399
<b>Peso seco</b>	14.47	14.72
<b>Humedad</b>	18.31	23.09

Fuente: Elaboración propia

La muestra N°3 tienen un límite plástico de 20.70%.

## Índice De Plasticidad

Tabla 23  
*Índice de plasticidad de la muestra N° 3*

Limite liquido	39.75%
Limite plástico	20.70%
<b>Índice de plasticidad</b>	<b>19.05%</b>

Fuente: Elaboración propia

El índice de plasticidad del suelo es 19.05%, por lo tanto, el suelo de la muestra N°3 tiene una plasticidad media y es un suelo arcilloso según el cuadro 4.6 del Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos

## MUESTRA N°4: 75%vinaza de caña de azúcar+25 % de agua

### Límite Líquido

Tabla 24

Límite líquido de la muestra N° 4

	1º	2º	3º	4º
<b>PENETRACION</b>	8.78	11.95	16.54	21.12
<b>T</b>	25.61	26.54	28.59	28.04
<b>T+Mh</b>	130.45	132.39	136.86	140.59
<b>T+Ms</b>	105.98	105.89	107.59	108.15
<b>Peso de agua</b>	24.47	26.5	29.27	32.44
<b>Peso seco</b>	80.37	79.35	79	80.11
<b>Humedad</b>	30.45	33.4	37.05	40.49

Penetración	W(%)
8.78	30.45
11.95	33.4
16.54	37.05
21.12	40.49

Fuente: Elaboración propia

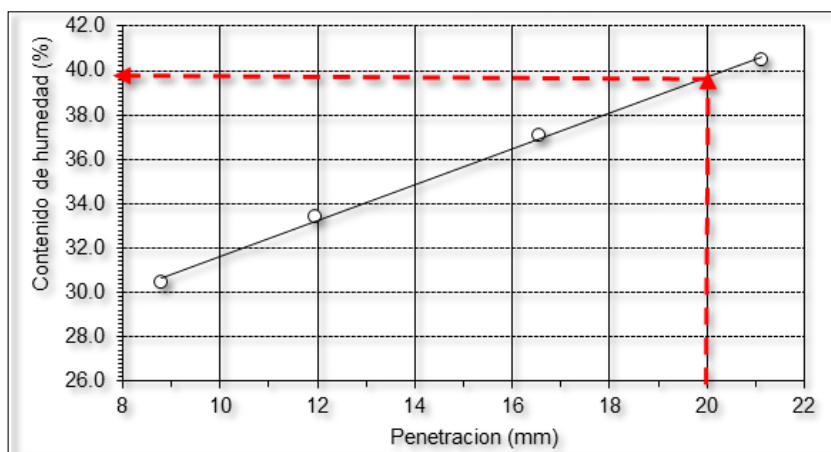


Figura 24. Curva de fluidez de la muestra N° 4

La muestra N°4 tienen un límite líquido de 39.90%.

## Límite Plástico

Tabla 25  
Límite líquido de la muestra N° 4

	1°	2°
<b>T</b>	28.58	26.54
<b>T+Mh</b>	45.24	45.05
<b>T+Ms</b>	42.43	41.54
<b>Peso de agua</b>	2.809	3.51
<b>Peso seco</b>	13.85	15
<b>Humedad</b>	20.28	23.4

Fuente: Elaboración propia

La muestra N°4 tienen un límite plástico de 21.84%.

## Índice De Plasticidad

Tabla 26  
*Índice de plasticidad de la muestra N° 4*

Limite liquido	39.90%
Limite plástico	21.84%
<b>Índice de plasticidad</b>	<b>18.06%</b>

Fuente: Elaboración propia

El índice de plasticidad del suelo es 18.06%, por lo tanto, el suelo de la muestra N°4 tiene una plasticidad media y es un suelo arcilloso según el cuadro 4.6 del Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

### • Clasificación del suelo

#### Muestra N°2

% pasa malla 200 = 88.4

Limite Liquido = 39.6 %

Limite Plástico = 19.82 %

Índice de plasticidad = 19.78 %

Índice de Grupo=  $0.2(F-35) + 0.005((F-35) (LL-40)) + 0.01((F-15) (IP-10))$   
=18

**Clasificación SUCS:**

CL: Arcilla inorgánica de baja plasticidad o media plasticidad

**Clasificación AASHTO:**

A-6 (18).

**Muestra N°3**

% pasa malla 200 = 87.25

Limite Liquido = 39.75 %

Limite Plástico = 20.70 %

Índice de plasticidad = 19.05 %

Índice de Grupo=  $0.2(F-35) + 0.005((F-35) (LL-40)) + 0.01((F-15) (IP-10))$   
=17

**Clasificación SUCS:**

CL: Arcilla inorgánica de baja plasticidad o media plasticidad

**Clasificación AASHTO:**

A-6 (17).

**Muestra N°4**

% pasa malla 200 = 90.9

Limite Liquido = 39.90 %

Limite Plástico = 21.84 %

Índice de plasticidad = 18.06 %

Índice de Grupo=  $0.2(F-35) + 0.005((F-35) (LL-40)) + 0.01((F-15) (IP-10))$   
=17

**Clasificación SUCS:**

CL: Arcilla inorgánica de baja plasticidad o media plasticidad

**Clasificación AASHTO:**

A-6 (17).

## • Ensayo proctor

Se realizó el método de proctor modificado para determinar la máxima densidad seca en relación con el contenido de humedad de la muestra N°2, muestra N°3 y muestra N°4 los cuales tienen diferentes dosificaciones de vinaza de caña de azúcar.

### MUESTRA N°2: 25% de vinaza de caña de azúcar+75% de agua

Tabla 27  
Ensayo proctor de la muestra N° 2

MUESTRA N°2: 25% vinaza+ 75% agua				
<b>Peso suelo + molde</b>	7092	7393	7554	7594
<b>Peso del molde</b>	3271	3271	3271	3271
<b>Peso suelo húmedo compactado</b>	3821	4122	4283	4323
<b>Peso volumétrico húmedo</b>	1.816	1.959	2.036	2.055
<b>Peso suelo húmedo + tara</b>	295.13	343.21	328.56	255.12
<b>Peso suelo seco + tara</b>	278.20	313.69	296.09	230.96
<b>Tara</b>	112.25	109.54	111.45	110.24
<b>Peso del agua</b>	16.93	29.52	32.47	24.16
<b>Peso suelo seco</b>	165.95	204.15	184.64	120.72
<b>Contenido de agua</b>	<b>10.20</b>	<b>14.46</b>	<b>17.59</b>	<b>20.01</b>
<b>Peso volumétrico seco</b>	<b>1.648</b>	<b>1.712</b>	<b>1.731</b>	<b>1.712</b>

Fuente: Elaboración propia

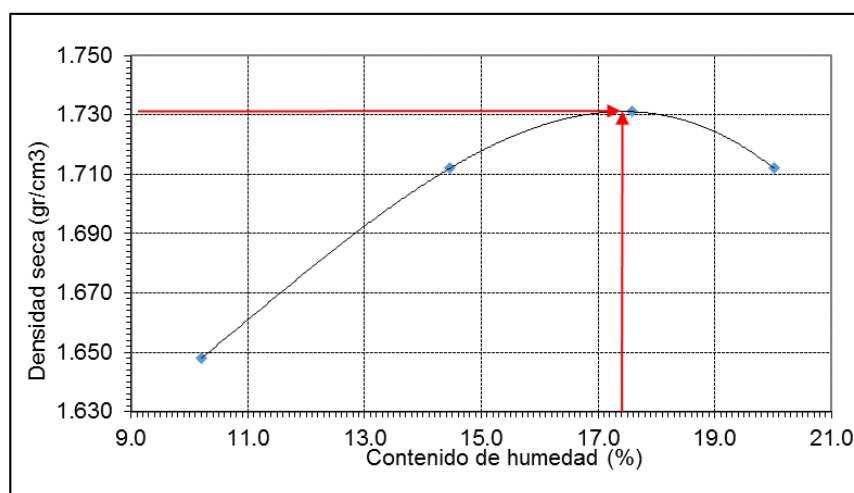


Figura 25. Curva de compactación de la muestra N° 2

La máxima densidad seca del suelo de la muestra N°2 es 1.731gr/cm<sup>3</sup> con una humedad de 17.50%.

### MUESTRA N°3: 50% de vinaza de caña de azúcar+50% de agua

Tabla 28

Ensayo proctor modificado de la muestra N°3

MUESTRA N° 3: 50% vinaza+ 50% agua				
<b>Peso suelo + molde</b>	7129	7482	7574	7630
<b>Peso del molde</b>	3271	3271	3271	3271
<b>Peso suelo húmedo compactado</b>	3858	4211	4303	4359
<b>Peso volumétrico húmedo</b>	1.834	2.001	2.045	2.072
<b>Peso suelo húmedo + tara</b>	296.02	344.24	329.12	255.45
<b>Peso suelo seco + tara</b>	278.33	311.96	296.13	230.80
<b>Tara</b>	112.25	109.54	111.45	110.24
<b>Peso del agua</b>	17.69	32.28	32.99	24.65
<b>Peso suelo seco</b>	166.08	202.42	184.68	120.56
<b>Contenido de agua</b>	<b>10.65</b>	<b>15.95</b>	<b>17.86</b>	<b>20.45</b>
<b>Peso volumétrico seco</b>	<b>1.657</b>	<b>1.726</b>	<b>1.735</b>	<b>1.720</b>

Fuente: Elaboración propia

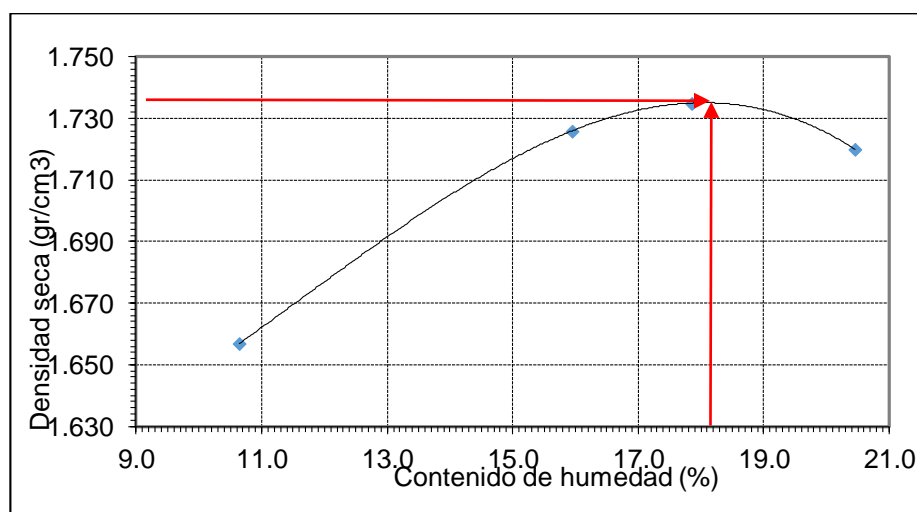


Figura 26. Curva de compactación de la muestra N° 3

La máxima densidad seca del suelo de la muestra N°3 es 1.736 gr/cm<sup>3</sup> con una humedad de 18.00%.



## MUESTRA N°4: 75% de vinaza de caña de azúcar+25% de agua

Tabla 29

Ensayo proctor modificado de la muestra N° 4

<b>Peso suelo + molde</b>	7148	7504	7589	7656
<b>Peso del molde</b>	3271	3271	3271	3271
<b>Peso suelo húmedo compactado</b>	3877	4233	4318	4385
<b>Peso volumétrico húmedo</b>	1.843	2.012	2.052	2.084
<b>Peso suelo húmedo + tara</b>	296.46	344.98	330.15	254.89
<b>Peso suelo seco + tara</b>	278.42	312.09	296.93	230.06
<b>Tara</b>	112.25	109.54	111.45	110.24
<b>Peso del agua</b>	18.04	32.89	33.22	24.83
<b>Peso suelo seco</b>	166.17	202.55	185.48	119.82
<b>Contenido de agua</b>	<b>10.86</b>	<b>16.24</b>	<b>17.91</b>	<b>20.72</b>
<b>Peso volumétrico seco</b>	<b>1.662</b>	<b>1.731</b>	<b>1.741</b>	<b>1.726</b>

Fuente: Elaboración propia

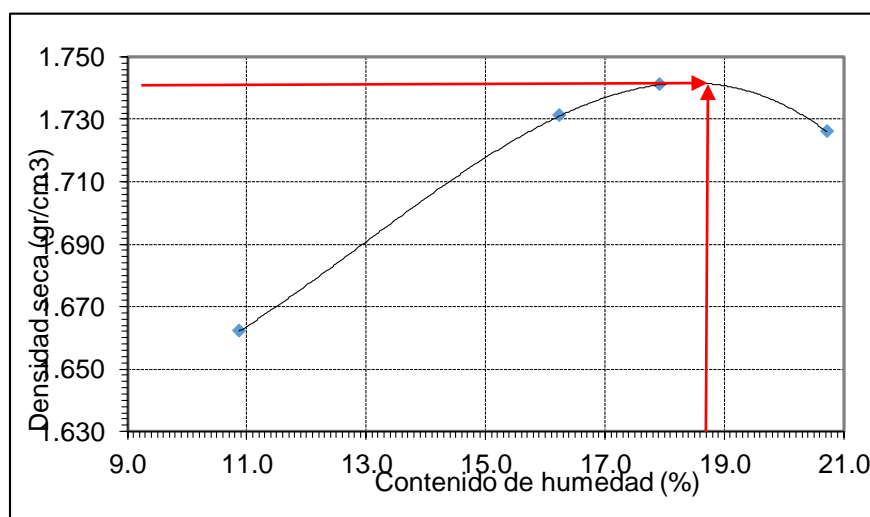


Figura 27. Curva de compactación de la muestra N° 4

La máxima densidad seca del suelo de la muestra N°4 es 1.741 gr/cm<sup>3</sup> con una humedad de 18.50%.

### • Ensayo CBR

Con el fin de determinar la capacidad de soporte del suelo con las diferentes dosificaciones de vinaza de caña de azúcar se realizó el ensayo CBR a la muestra N°2, muestra N°3, muestra N°4 con las diferentes dosificaciones.

## MUESTRA N°2: 25% de vinaza +75% de agua

Tabla 30  
Compactación de CBR-muestra N°2

Molde N°	A	B	C
Capas N°	5	5	5
N° de golpes por capa	56	25	10
Peso del molde + suelo húmedo	12529	12145	12225
Peso del molde	8360	8060	8435
Peso del suelo húmedo	4169	4085	3790
Volumen del molde	2048	2048	2048
Densidad húmeda	2.036	1.995	1.851
% de humedad	17.50	17.50	17.50
Densidad seca	1.732	1.698	1.575

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31  
Expansión del suelo - muestra N°2

Molde		A	B	C
DIAL (MM) L1	0	0.000	0.000	0.000
DIAL (MM) L2	96	1.420	1.700	2.190
% expansión		1.218	1.458	1.878

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32  
Penetración -Muestra N°2

Penetrac.	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
	kg	lbs	lbs/pul2	kg	lbs	lbs/pul2	kg	lbs	lbs/pul2
0.025	67.2	148	49	65.8	145	48	64.2	142	47
0.050	91.8	202	67	79.1	174	58	69.7	154	51
0.075	110.2	243	81	92.6	204	68	75.9	167	56
0.100	120.4	265	88	107.5	237	79	79.6	176	59
0.150	130.9	289	96	120.3	265	88	86.4	191	64
0.200	140.2	309	103	129.7	286	95	93.5	206	69
0.250	148.7	328	109	137.5	303	101	97.4	215	72
0.300	162.4	358	119	146.2	322	107	100.9	222	74
0.400	188.7	416	139	160.2	353	118	106.3	234	78
0.500	221.1	488	163	175.9	388	129	110.2	243	81

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33  
Resultados de CBR y densidad seca - muestra N°2

N° golpes	% CBR	D.S.
56	8.8	1.732
25	7.9	1.698
10	5.9	1.575

Fuente: Elaboración propia

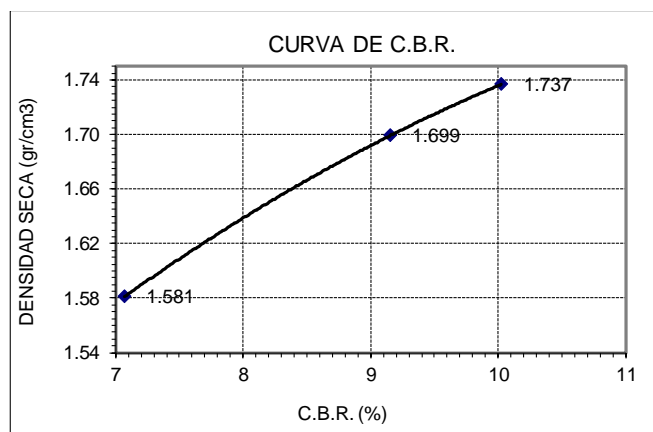


Figura 28. Curva CBR-muestra N°2

Tabla 34  
CBR de la muestra N°2 - 25% de vinaza + 75% de agua

CBR de la muestra N°2: 25% de vinaza y 75% agua							
Espécimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm³)	Expansión %	Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
1	56	8.8	1.732	1.218	0.1	100.0	8.7
2	25	7.9	1.698	1.458	0.1	95.0	6.6
3	10	5.9	1.575	1.878			

Fuente: Elaboración propia

El suelo de la muestra N°2 tiene un CBR de **6.6%** al 95% de la máxima densidad seca a una penetración 0.1 pulg. Según el acápite 4.5.4 del Manual de carreteras: suelos y pavimentos los materiales con CBR mayores al 6% son aptos para sub rasante, así como también según el cuadro 4.11 de dicho manual tenemos una sub rasante regular ya que es mayor a 6% y menor a 10%.

### MUESTRA N°3: 50% de vinaza + 50% de agua

Tabla 35  
Compactación de CBR-muestra N°3

Molde N°	A	B	C
Capas N°	5	5	5
N° de golpes por capa	56	25	10
Peso del molde + suelo húmedo	12557	12166	12256
Peso del molde	8360	8060	8435
Peso del suelo húmedo	4197	4106	3821
Volumen del molde	2048	2048	2048
Densidad húmeda	2.049	2.005	1.866
% de humedad	18.00	18.00	18.00
Densidad seca	1.737	1.699	1.581

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36  
Expansión del suelo-muestra N°3

Molde		A	B	C
DIAL (MM) L1	0	0.000	0.000	0.000
DIAL (MM) L2	96	1.350	1.640	2.140
% expansión		1.158	1.407	1.836

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37  
Penetración-muestra N°3

Penetrac.	56 golpes			25 golpes			10 golpes		
	kg	lbs	lbs/pul2	kg	lbs	lbs/pul2	kg	lbs	lbs/pul2
0.025	82.6	182	61	80.6	178	59	79.5	175	58
0.050	106.4	235	78	94.5	208	69	84.2	186	62
0.075	124.9	275	92	107.4	237	79	90.4	199	66
0.100	136.4	301	100	124.5	275	92	96.2	212	71
0.150	146.7	323	108	136.4	301	100	103.4	228	76
0.200	155.2	342	114	145.1	320	107	109.4	241	80
0.250	164.8	363	121	153.7	339	113	113.0	249	83
0.300	178.4	393	131	161.1	355	118	116.7	257	86
0.400	203.6	449	150	173.4	382	127	123.4	272	91
0.500	236.7	522	174	185.7	409	136	124.6	275	92

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38  
Resultados de CBR y densidad seca-muestra N°3

N° golpes	% CBR	D.S.
56	10.0	1.737
25	9.2	1.699
10	7.1	1.581

Fuente: Elaboración propia

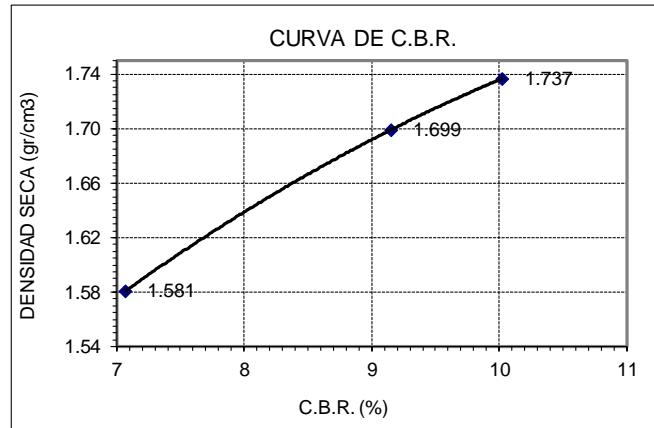


Figura 29. Curva CBR-muestra N°3

Tabla 39  
CBR de la muestra N° 3 - 50 % de vinaza + 50% de agua

CBR de la muestra N°3: 50% de vinaza y 50% agua							
Espécimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm3)	Expansión %	Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
1	56	10.0	1.737	1.158	0.1	100.0	9.9
2	25	9.2	1.699	1.407	0.1	95.0	8.0
3	10	7.1	1.581	1.836			

Fuente: Elaboración propia

El suelo de la muestra N°2 tiene un CBR de **8.0%** al 95% de la máxima densidad seca a una penetración 0.1 pulg. Según el acápite 4.5.4 del Manual de carreteras: suelos y pavimentos los materiales con CBR mayores al 6% son aptos para sub rasante, así como también según el cuadro 4.11 de dicho manual tenemos una sub rasante regular ya que es mayor a 6% y menor a 10%.

## MUESTRA N°4: 75% de vinaza+ 25% de agua

Tabla 40  
Compactación de CBR-muestra N°4

Molde N°	A	B	C
Capas N°	5	5	5
N° de golpes por capa	56	25	10
Peso del molde + suelo húmedo	12589	12185	12285
Peso del molde	8360	8060	8435
Peso del suelo húmedo	4229	4125	3850
Volumen del molde	2048	2048	2048
Densidad húmeda	2.065	2.014	1.880
% de humedad	18.50	18.50	18.50
Densidad seca	1.743	1.700	1.586

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41  
Expansión del suelo-muestra N°4

Molde		A	B	C
DIAL (MM) L1	0	0.000	0.000	0.000
DIAL (MM) L2	96	1.290	1.540	2.070
% expansión		1.106	1.321	1.776

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42  
Penetración-muestra N°4

Penetrac.	56 golpes			25 golpes			10 golpes		
	kg	lbs	lbs/pul2	kg	lbs	lbs/pul2	kg	lbs	lbs/pul2
0.025	112.3	248	83	110.4	243	81	108.2	239	80
0.050	136.7	301	100	125.4	277	92	115.2	254	85
0.075	156.8	346	115	138.4	305	102	122.4	270	90
0.100	166.5	367	122	149.6	330	110	129.4	285	95
0.150	178.4	393	131	163.4	360	120	136.5	301	100
0.200	186.7	412	137	172.4	380	127	141.8	313	104
0.250	196.2	433	144	180.4	398	133	144.6	319	106
0.300	207.3	457	152	190.2	419	140	147.3	325	108
0.400	233.4	515	172	205.7	454	151	152.1	335	112
0.500	267.4	590	197	219.6	484	161	156.3	345	115

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43  
Resultados de CBR y densidad seca-muestra N°4

N° golpes	% CBR	D.S.
56	12.2	1.743
25	11.0	1.700
10	9.5	1.586

Fuente: Elaboración propia

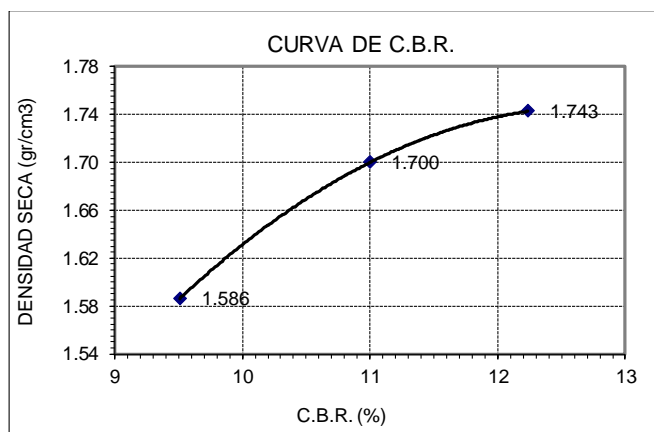


Figura 30. Curva CBR-muestra N°4

Tabla 44  
CBR de la muestra N° 4 - 75% de vinaza + 25% de agua

CBR de la muestra N°4: 75% de vinaza y 25% agua							
Espécimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	Expansión %	Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
1	56	12.2	1.743	1.106	0.1	100.0	12.2
2	25	11.0	1.700	1.321	0.1	95.0	10.3
3	10	9.5	1.586	1.776			

Fuente: Elaboración propia

El suelo de la muestra N°2 tiene un CBR de **10.3%** al 95% de la máxima densidad seca a una penetración 0.1 pulg. Según el acápite 4.5.4 del Manual de carreteras: suelos y pavimentos los materiales con CBR mayores al 6% son aptos para sub rasante, así como también según el cuadro 4.11 de dicho manual tenemos una sub rasante buena ya que es mayor a 10% y menor a 20%.

Tabla 45  
Resumen de las propiedades de las muestras N° 2, N° 3 y N° 4

Dosificación		25% de vinaza+75% de agua	50% de vinaza+50% de agua	75% de vinaza+25% de agua
Propiedades				
% Grava		2.60 %	3.20 %	2.10 %
% Arena		9.00 %	9.55 %	7.00 %
% Finos		88.40 %	87.25 %	90.90 %
Límites de Atterberg	LL	39.60 %	39.75 %	39.90 %
	LP	19.82 %	20.70 %	21.84 %
	IP	19.78 %	19.05%	18.06 %
Índice Grupo		18	17	17
Clasificación	SUCS	CL	CL	CL
	AASHTO	A-6(18)	A-6(17)	A-6(17)
MDS		1.731 gr/cm3	1.736 gr/cm3	1.741 gr/cm3
OCH		17.50%	18.00 %	18.50 %
Expansión		56 golpes 1.218 25 golpes 1.458 10 golpes 1.878	56 golpes 1.158 25 golpes 1.407 10 golpes 1.836	56 golpes 1.106 25 golpes 1.321 10 golpes 1.776
CBR al 95%		6.60 %	8.00 %	10.3 %

Fuente: Elaboración propia

Se analizó los resultados obtenidos y la muestra N°4, (75% de vinaza y 25% de agua) obtuvo mejores resultados, comparando con el Manual de carreteras: suelos y pavimentos se observó que el índice de plasticidad disminuyó a 18.06% siendo un material arcilloso con plasticidad media, con un CBR de 10.3% por lo tanto es apto para ser una sub rasante y es una sub rasante buena. En tal sentido los efectos de la vinaza de caña de azúcar en el mejoramiento en las propiedades física - mecánicas del suelo cohesivo, serán aceptables por la norma técnica.

### c. Comparación económica de la aplicación de la vinaza de caña de azúcar frente a un aditivo convencional(Cal)

Se realizó el análisis de costos unitarios de la estabilización de suelo para la sub rasante con adición de la vinaza de caña de azúcar utilizando la dosificación de 75% de vinaza de caña de azúcar y 25% de agua, así como también con la adición de la cal como aditivo en una dosificación del 3% de peso; para luego realizar la comparación y determinar cuál es más conveniente económicamente.



- **Costos unitarios de estabilización de suelo con aplicación de la vinaza de caña de azúcar.**

Se calculó el precio de estabilización de suelo con aplicación de la vinaza de caña de azúcar para un metro cuadrado, se utilizó la dosificación que dio mejores resultados el cual es 75% de vinaza y 25% de agua.

Tabla 46

Costos unitarios de estabilización de suelos con aplicación de la vinaza de caña de azúcar

Análisis de precios unitarios							
Partida	01.01	ESTABILIZACION DE SUB RASANTE CON ADICION DE VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR E=15cm					
Rendimiento	m2/DIA	MO.1100	EQ.	1,100	Costo unitario por : m2		7.31
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0073	19.53	0.14	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0073	16.05	0.12	
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.0436	14.44	0.63	
						<b>0.89</b>	
<b>Materiales</b>							
0201010022	VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR	gal		0.8300	0.92	0.76	
0290130021	AGUA	m3		0.0300	9.60	0.29	
						<b>1.05</b>	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.89	0.03	
0301100004000	RODILLO NEUMATICO	hm	1.0000	0.0073	183.17	1.34	
1	AUTOPREPULSADO 5,5 - 20 ton						
0301100006000	RODILLO LISO VIBRATORIO	hm	1.0000	0.0073	183.17	1.34	
2	AUTOPROPULSADO 7- 9 ton						
0301200001	MOTONIVELADORA	hm	1.0000	0.0073	192.50	1.41	
0301220005	CAMION CISTERNA	hm	1.0000	0.0073	170.83	1.25	
						<b>5.37</b>	

Fuente: Elaboración propia

- **Costos unitarios de estabilización de suelo con aplicación de Cal.**

Se calculó el precio de estabilización de suelo con aplicación Cal para un metro cuadrado y se utilizó la dosificación una dosificación de 3% del peso.

Tabla 47

Costos unitarios de estabilización de suelos con aplicación de cal

Análisis de precios unitarios							Página	1
Partida	<b>01.01</b>	<b>ESTABILIZACION DE SUB RASANTE CON ADICION DE CAL E=15cm</b>						
Rendimiento	<b>m2/DIA</b>	<b>MO. 1,100</b>	<b>EQ. 1,100</b>	Costo unitario directo por : m2			<b>11.84</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
<b>Mano de Obra</b>								
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0073	19.53	0.14	
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0073	16.05	0.12	
0101010005	PEON		hh	6.0000	0.0436	14.44	0.63	
							<b>0.89</b>	
<b>Materiales</b>								
0213020002	CAL HIDRATADA		kg		7.9000	0.67	5.29	
0290130021	AGUA		m3		0.0300	9.60	0.29	
							<b>5.58</b>	
<b>Equipos</b>								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mío		3.0000	0.89	0.03	
03011000040001	RODILLO NEUMATICO AUTOPREPULSADO 5.5 - 20 ton		hm	1.0000	0.0073	183.17	1.34	
03011000060002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7- 9 ton		hm	1.0000	0.0073	183.17	1.34	
0301200001	MOTONIVELADORA		hm	1.0000	0.0073	192.50	1.41	
0301220005	CAMION CISTERNA		hm	1.0000	0.0073	170.83	1.25	
							<b>5.37</b>	

Fuente: Elaboración propia

Después realizar el análisis de costos y presupuestos la estabilización de sub rasante con vinaza de caña de azúcar posee un presupuesto de S/.7.31 soles por metro cuadrado y el presupuesto con una sub rasante estabilizada con cal es s/. 11.84 soles. Por lo tanto, con la estabilización de caña de azúcar el presupuesto disminuye en S/. 4.53 soles por m2. Por lo tanto, la aplicación de la vinaza de caña de azúcar es más económica frente a un aditivo convencional (cal) en el suelo cohesivo en el Jr. San Martín del anexo de Palian.

## 4.2. Resultados generales

Los efectos de la utilización de la vinaza de caña de azúcar para estabilizar los suelos cohesivos se muestran en los siguientes cuadros y gráficos.

- **Análisis granulométrico**

Tabla 48

Comparación de granulometría de las muestras

TAMIZ	ABERT. (mm)	1 % PAS.	2 % PAS.	3 % PAS.	4 % PAS.
3"	75	100.0	100.0	100.0	100.0
2 1/2"	62	100.0	100.0	100.0	100.0
2"	50	100.0	100.0	100.0	100.0
1 1/2"	37.5	100.0	100.0	100.0	100.0
1"	25	100.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19	98.6	98.5	98.4	99.0
1/2"	12.5	98.1	97.9	97.7	98.5
3/8"	9.5	98.1	97.9	97.4	98.2
1/4"	6.3	97.9	97.6	97.0	98.0
Nº 4	4.75	97.8	97.4	96.8	97.9
Nº 10	2	97.5	97.0	96.3	97.4
Nº 20	0.85	97.0	96.4	95.6	96.6
Nº 40	0.43	96.1	95.4	94.4	95.5
Nº 60	0.25	95.1	94.4	93.4	94.8
Nº 140	0.106	92.0	91.8	91.0	92.7
Nº 200	0.075	89.0	88.4	87.2	90.9
FONDO	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

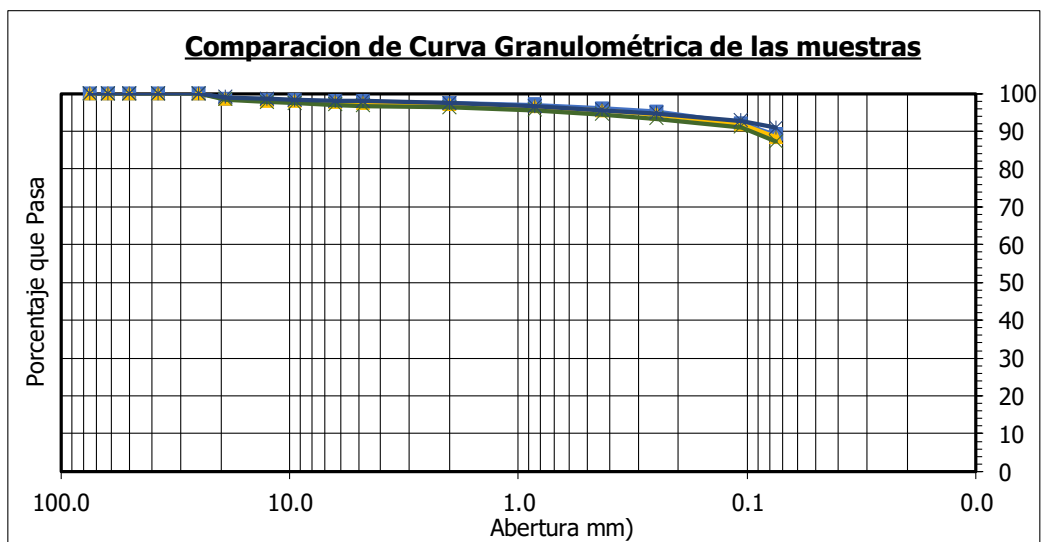


Figura 31. Comparación de curva granulométrica de las muestras

Según el análisis granulométrico de la muestra N°1, muestra N°2, muestra N°3 y muestra N°4 se obtuvo que el suelo presenta un mayor porcentaje de finos en un 89%, 88.4%, 87.2 y 90.9 respectivamente.

- **Contenido de humedad**

Tabla 49  
Contenido de humedad de las muestras

MUESTRA N°1	Suelo natural	16.90 %
MUESTRA N°2	25% vinaza+75% agua	17.05 %
MUESTRA N°3	50% vinaza+50% agua	17.42 %
MUESTRA N°4	75% vinaza+25% agua	17.80 %

Fuente: Elaboración propia

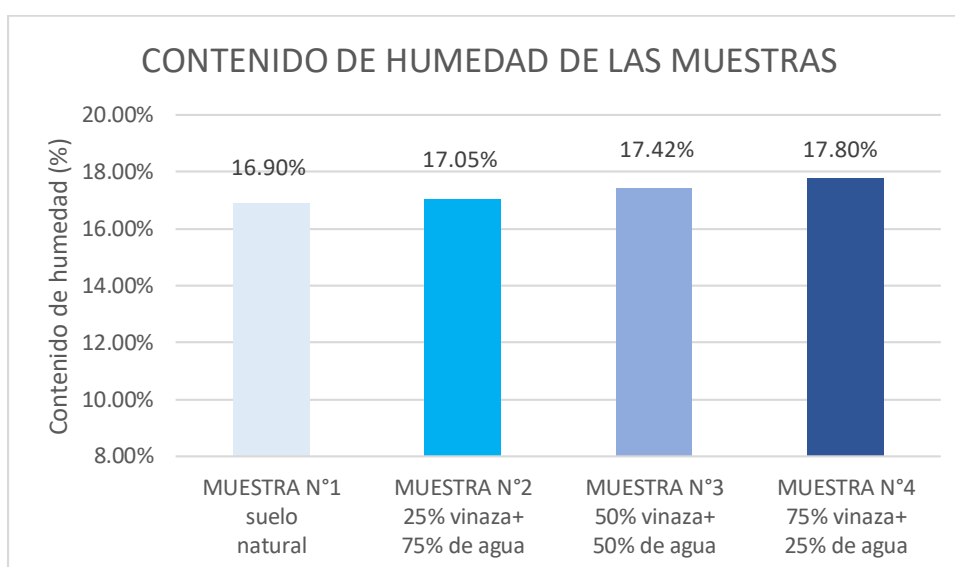


Figura 32. Contenido de humedad de las muestras

- **Plasticidad**

**Limite Liquido**

Tabla 50  
Límite líquido de las muestras

MUESTRA N°1	Suelo natural	39.40%
MUESTRA N°2	25% vinaza+75% agua	39.60%
MUESTRA N°3	50% vinaza+50% agua	39.75%
MUESTRA N°4	75% vinaza+25% agua	39.90%

Fuente: Elaboración propia

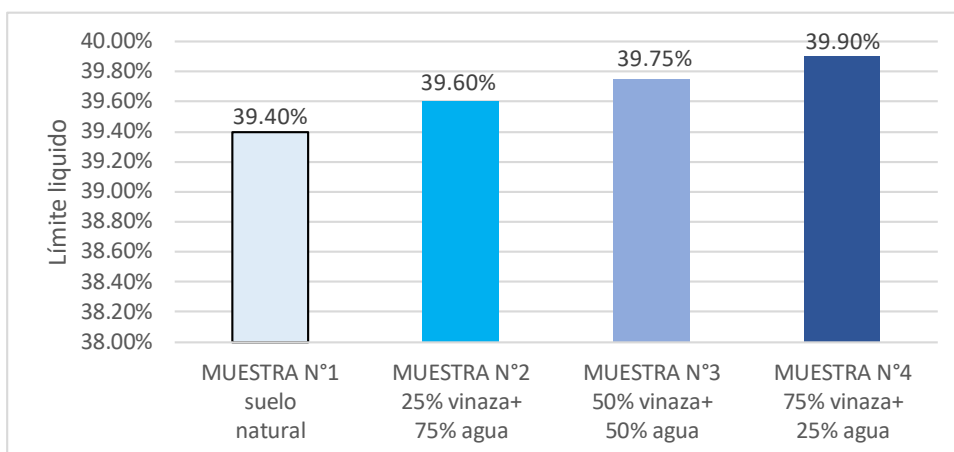


Figura 33. Límite líquido de las muestras

El límite líquido aumenta según aumenta la dosificación de la vinaza de caña de azúcar.

### Límite Plástico

Tabla 51

Límite plástico de las muestras

MUESTRA N°1	Suelo natural	16.58%
MUESTRA N°2	25% vinaza+75% agua	19.82%
MUESTRA N°3	50% vinaza+50% agua	20.70%
MUESTRA N°4	75% vinaza+25% agua	21.84%

Fuente: Elaboración propia

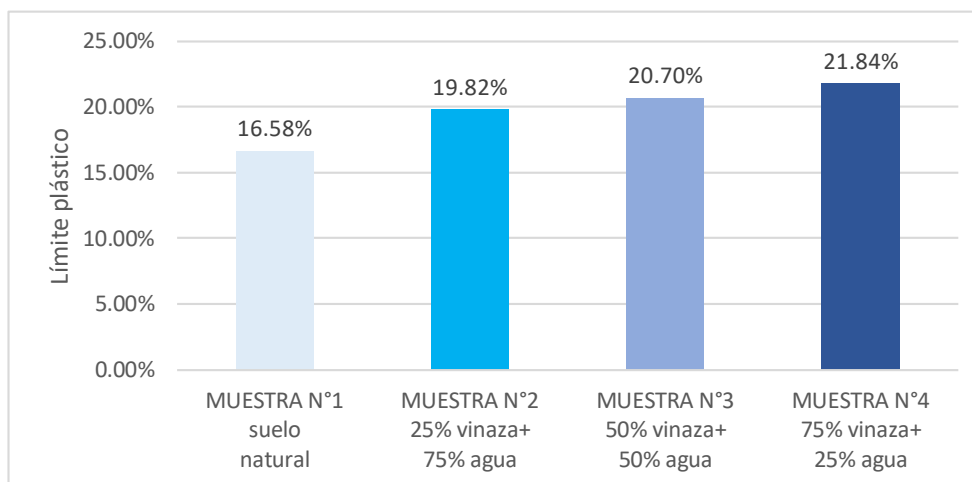


Figura 34. Límite plástico de las muestras

El límite plástico aumenta según aumenta la dosificación de la vinaza de caña de azúcar

### Índice De Plasticidad

Tabla 52  
Índice de plasticidad de las muestras

MUESTRA N°1	Suelo natural	22.82%
MUESTRA N°2	25% vinaza+75% agua	19.79%
MUESTRA N°3	50% vinaza+50% agua	19.05%
MUESTRA N°4	75% vinaza+25% agua	18.06%

Fuente: Elaboración propia

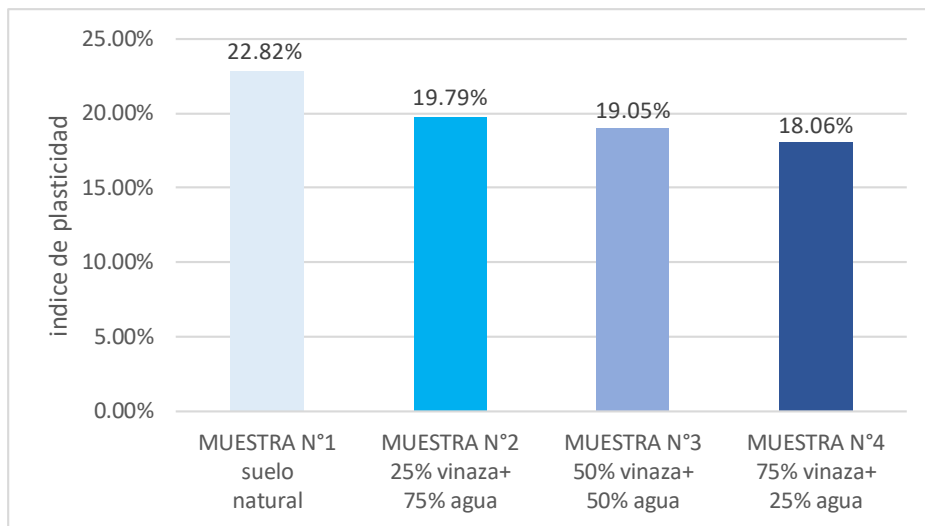


Figura 35. Índice de plasticidad de las muestras

El índice de plasticidad disminuye según aumenta la dosificación de la vinaza de caña de azúcar, pasando de tener una plasticidad alta y ser un suelo muy arcilloso a tener una plasticidad media y ser un suelo arcilloso según el manual de carreteras: suelos y pavimentos.

- **Clasificación del suelo**

Tabla 53

*Clasificación del suelo de las muestras*

	MUESTRA N°1	MUESTRA N°2	MUESTRA N°3	MUESTRA N°4
% pasa malla 200	89	88.4	87.25	90.9
Limite Liquido	39.4 %	39.6 %	39.75 %	39.90 %
Limite Plástico	16.58 %	19.82 %	20.70 %	21.84 %
Índice de plasticidad	22.82 %	19.78 %	19.05 %	18.06 %
Índice de Grupo	20	18	17	17
Clasificación SUCS	CL: Arcilla inorgánica de baja plasticidad o media plasticidad	CL: Arcilla inorgánica de baja plasticidad o media plasticidad	CL: Arcilla inorgánica de baja plasticidad o media plasticidad	CL: Arcilla inorgánica de baja plasticidad o media plasticidad
Clasificación AASHTO	A-6(20)	A-6(18)	A-6(17)	A-6(17)

Fuente: Elaboración propia

Según la clasificación AASHTO a mayor dosificación, el índice de grupo disminuye.

- **Ensayo proctor**

Tabla 54

*Óptimo contenido de humedad de las muestras*

OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD		
MUESTRA N°1	Suelo natural	17.10%
MUESTRA N°2	25% vinaza+75% agua	17.50%
MUESTRA N°3	50% vinaza+50% agua	18.00%
MUESTRA N°4	75% vinaza+25% agua	18.50%

Fuente: Elaboración propia

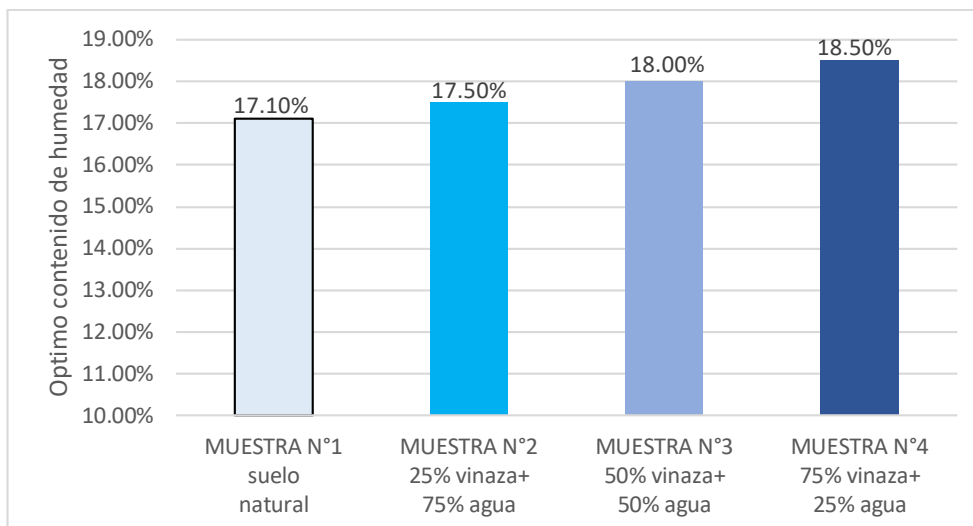


Figura 36. Comparación de óptimo contenido de humedad de las muestras

Tabla 55

Máxima densidad seca de las muestras

MAXIMA DENSIDAD SECA		
MUESTRA N°1	Suelo natural	1.722 gr/cm <sup>3</sup>
MUESTRA N°2	25% vinaza+75% agua	1.731 gr/cm <sup>3</sup>
MUESTRA N°3	50% vinaza+50% agua	1.736 gr/cm <sup>3</sup>
MUESTRA N°4	75% vinaza+25% agua	1.741 gr/cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

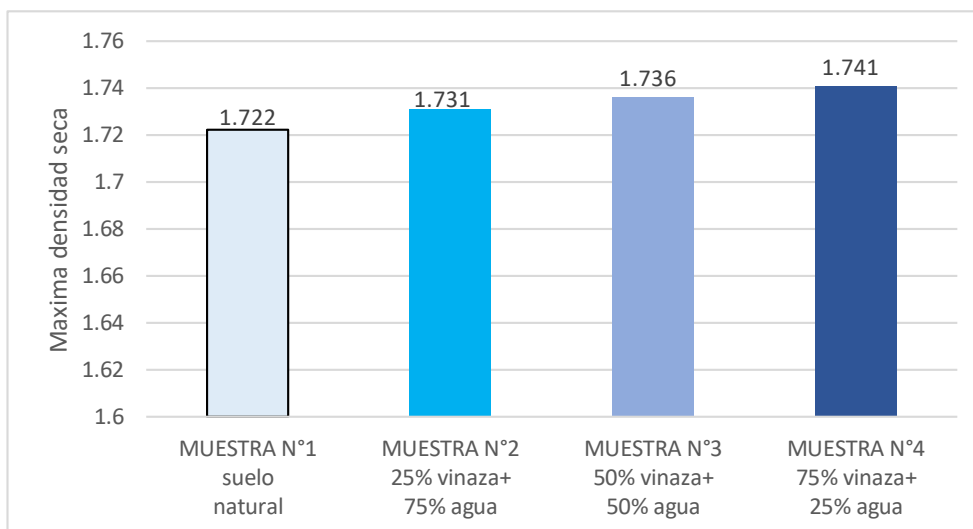


Figura 37. Comparación de la máxima densidad seca de las muestras

La máxima densidad seca aumenta según sea mayor la dosificación.



- **Ensayo CBR**

Tabla 56  
*CBR de las muestras*

CBR		
MUESTRA N°1	Suelo natural	4.3%
MUESTRA N°2	25% vinaza+75% agua	6.6%
MUESTRA N°3	50% vinaza+50% agua	8.0%
MUESTRA N°4	75% vinaza+25% agua	10.3%

Fuente: Elaboración propia

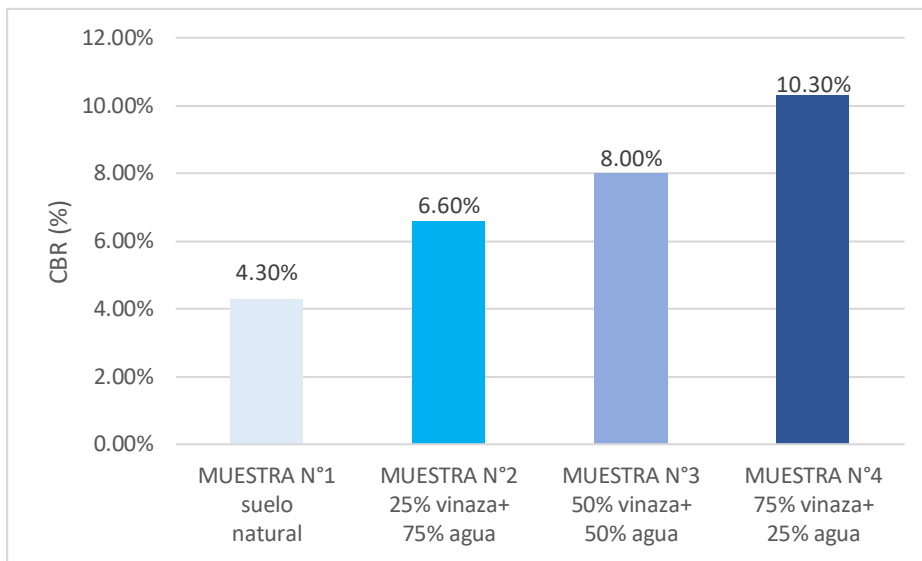


Figura 38. Comparación de CBR de las muestras

El CBR aumenta 2.3% con la dosificación 25% vinaza+ 75% agua, 3.7% con la dosificación 50% vinaza+ 50% agua y 6% con la dosificación 75% vinaza+ 25% agua.

- **Comparación de presupuesto de un pavimento con la aplicación de un aditivo convencional y aplicación de vinaza de caña de azúcar.**

Tabla 57

Comparación de presupuesto de un pavimento con la aplicación de un aditivo convencional (Cal) y aplicación de vinaza de caña de azúcar

			VINAZA	CAL
Costo unitario directo por : m2			<b>7.31</b>	<b>11.84</b>
Código	Descripción Recurso	Unidad	Precio S/.	Precio S/.
<b>Mano de Obra</b>				
0101010003	OPERARIO	hh	0.14	0.14
0101010004	OFICIAL	hh	0.12	0.12
0101010005	PEON	hh	0.63	0.63
			<b>0.89</b>	<b>0.89</b>
<b>Materiales</b>				
0201010022	VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR/CAL	gal	0.76	5.29
0290130021	AGUA	m3	0.29	0.29
			<b>1.05</b>	<b>5.58</b>
<b>Equipos</b>				
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	0.03	0.03
03011000040001	RODILLO NEUMATICO AUTOPREPULSADO 5.5 - 20 ton	hm	1.34	1.34
03011000060002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7- 9 ton	hm	1.34	1.34
0301200001	MOTONIVELADORA	hm	1.41	1.41
0301220005	CAMION CISTERNA	hm	1.25	1.25
			<b>5.37</b>	<b>5.37</b>

Fuente: Elaboración propia

El presupuesto con una sub rasante estabilizada con vinaza de caña de azúcar es 7.31 soles para un metro cuadrado de pavimento y con una sub rasante estabilizada con cal es 11.84 soles. Por lo tanto, con la estabilización de caña de azúcar el presupuesto disminuye en 4.53 soles por metro cuadrado. Por lo tanto, se acepta la hipótesis ya que la aplicación de la vinaza de caña de azúcar es más económica frente a un aditivo convencional (cal) en el suelo cohesivo en el Jr. San Martín del anexo de Palian.

Tabla 58  
Resumen de resultados

Dosificación		Suelo Natural	25% de vinaza+75% de agua	50% de vinaza+50% de agua	75% de vinaza+25% de agua
Propiedades					
% Grava		2.20%	2.60 %	3.20 %	2.10 %
% Arena		8.80%	9.00 %	9.55 %	7.00 %
% Finos		89%	88.40 %	87.25 %	90.90 %
Límites de Atterberg	LL	39.40%	39.60 %	39.75 %	39.90 %
	LP	16.58%	19.82 %	20.70 %	21.84 %
	IP	22.82%	19.78 %	19.05%	18.06 %
Índice Grupo		20	18	17	17
Clasificación	SUCS	CL	CL	CL	CL
	AASHTO	A-6(20)	A-6(18)	A-6(17)	A-6(17)
MDS		1.722 gr/cm3	1.731 gr/cm3	1.736 gr/cm3	1.741 gr/cm3
OCH		17.10%	17.50%	18.00 %	18.50 %
Expansión		56 gol. 1.269 25 gol. 1.501 10 gol. 1.973	56 gol. 1.218 25 gol. 1.458 10 gol. 1.878	56 gol. 1.158 25 gol. 1.407 10 gol. 1.836	56 gol. 1.106 25 gol. 1.321 10 gol. 1.776
CBR al 95%		4.30%	6.60 %	8.00 %	10.3 %
Costo	Vinaza	7.31 soles por metro cuadrado			
	Cal	11.84 soles por metro cuadrado			

Fuente: Elaboración propia

La vinaza de caña de azúcar tiene efectos positivos en cuanto a las propiedades del suelo cohesivo como se puede observar, según aumenta la dosificación disminuye el índice de plasticidad, incrementa el valor de la máxima densidad seca, aumenta el porcentaje del óptimo contenido de humedad y se incrementa el valor de CBR para cada muestra, obteniendo así resultados que son aceptables para ser una sub rasante. Por otro lado, muestra una ventaja económica frente a un aditivo convencional, en este caso la cal.

## **CAPITULO V: DISCUSION DE RESULTADOS**

### **5.1. Discusión específica**

- a.** Se analizó los resultados según el Manual de carreteras: suelos pavimentos, se determinó que el suelo de estudio tiene un índice de plasticidad de 22.82% por lo tanto es muy arcillosos con plasticidad alta, el índice de grupo es 20 por consiguiente es una sub rasante inadecuada, tiene un CBR de 4.3% por lo tanto no es apto para sub rasante y es una sub rasante insuficiente. Por lo tanto, la hipótesis se acepta ya que las propiedades físicas y mecánicas que presenta los suelos del Jr. San Martín, Palian, son deficientes para ser una sub rasante según la norma. Esto se puede contrastar según Bach. De La Cruz, Lizeth Mercedes y Bach. Salcedo, Kaite Karen en su tesis “Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (Eco Road 2000) para pavimentación en Palian – Huancayo – Junín” en el año 2016, realizado para la Universidad Peruana Los Andes el cual en sus resultados del suelo natural en la calicata N° 3 obtuvieron un CBR de 5.90%.
- b.** Se analizó los resultados obtenidos y la muestra N°4, (75% de vinaza y 25% de agua) obtuvo mejores resultados, y comparando con el Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos y se observó que el índice de plasticidad disminuyó a 18.06% siendo un material arcilloso con plasticidad media, con un CBR de 10.3% por lo tanto es apto para ser una sub rasante y es una sub rasante buena. En tal sentido la hipótesis, los

efectos de la vinaza de caña de azúcar en el mejoramiento en las propiedades física - mecánicas del suelo cohesivo, serán aceptables por la norma técnica. Esto se puede contrastar según la investigación de Antonio José Toledo en su tesis “Propuesta para el aprovechamiento de la vinaza en el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de suelos friccionantes utilizados en sub rasantes en carreteras (2014)” para la Universidad de San Carlos de Guatemala, el cual concluye que la vinaza aumenta el porcentaje de CBR en términos generales.

- c. Después realizar el análisis de costos y presupuestos la estabilización de sub rasante con vinaza de caña de azúcar posee un presupuesto de S/.7.31 soles por metro cuadrado y el presupuesto con una sub rasante estabilizada con cal es s/. 11.84 soles. Por lo tanto, con la estabilización de caña de azúcar el presupuesto disminuye en S/. 4.53 soles por m<sup>2</sup>. Por lo tanto, se acepta la hipótesis ya que la aplicación de la vinaza de caña de azúcar es más económica frente a un aditivo convencional (cal) en el suelo cohesivo en el Jr. San Martín del anexo de Palian. Esto se puede contrastar con la investigación de Yony Laurente Ronceros en su tesis “Estudio comparativo del mejoramiento de la sub rasante y base de la carretera Cañete-Chupaca, tramo: km 220+000 - km 240+000” para la Universidad Nacional de Ingeniería, el cual calcula el costo de estabilización de sub rasante con cal a s/. 11.48 soles por m<sup>2</sup>.

## **5.2. Discusión general**

Después de haber realizado un análisis y prueba de laboratorio, se afirma que la vinaza de caña de azúcar tiene efectos positivos en cuanto al mejoramiento de las propiedades del suelo cohesivo, según aumenta la cantidad de vinaza disminuye el índice de plasticidad, disminuye el valor del índice de grupo, y se incrementa el valor de CBR, obteniendo así resultados aceptables según el Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos para una sub rasante. Por otro lado, posee una ventaja económica frente a un aditivo

convencional de cal. Por lo tanto, se acepta la hipótesis: Los efectos de la utilización de la vinaza de caña de azúcar para estabilizar los suelos cohesivos, son aceptables por el Manual de carreteras para fines viales. Esto se puede confirmar con la investigación de Jorge Israel Loaiza en su tesis “Mejoramiento de suelos GP con vinaza (2017)” para la Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Samborondon el cual concluye que la vinaza se puede aprovechar en el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos utilizado en sub rasantes de carreteras.

## CONCLUSIONES

1. Las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural del Jr. San Martín son insuficientes y no aptos para ser una sub rasante de acuerdo al análisis de los resultados con el Manual de carreteras: suelos y pavimentos.
2. Los efectos de la vinaza de caña de azúcar en las propiedades física - mecánicas del suelo cohesivo del Jr. San Martín son el mejoramiento de éstas, obteniendo un suelo apto y bueno para ser sub rasante de acuerdo al análisis de los resultados con el Manual de carreteras: suelos y pavimentos.
3. La aplicación de la vinaza de caña de azúcar para estabilizar suelos cohesivos reduce costos en comparación a la aplicación de un aditivo convencional en este caso la cal, por lo tanto, es más económica.
4. La utilización de vinaza estabiliza suelos cohesivos, por lo tanto, es aceptable por el manual de carreteras para ser sub rasante.

## **RECOMENDACIONES**

1. Realizar los procesos constructivos apropiadamente y utilizar los equipos adecuados para la aplicación de la vinaza de caña de azúcar.
2. Se recomienda analizar la aplicación de la vinaza de caña de azúcar para estabilizar base y sub base.
3. Se recomienda realizar ensayos para comprobar los efectos de la vinaza de uva para estabilizar suelos.
4. Se recomienda analizar la aplicación de la vinaza de caña de azúcar en otros tipos de suelos.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) Berry, P., & Reid, D. (2000). *Mecánica de suelos*. México: Mc Graw Hill.
- (2) Chavarria, D., & Berrios, F. (2011). *Análisis y evaluación del proceso de compactación de los suelos en obras horizontales*. Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- (3) De la cruz, L. M., & Salcedo, K. K. (2016). *Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (Eco Road 2000) para pavimentación en Palian – Huancayo - Junín*. Huancayo : Universidad Peruana los Andes.
- (4) Laurente, Y. (2011). *Estudio comparativo del mejoramiento de la subrasante y base de la carretera Cañete-Chupaca, tramo: Km 220+000-Km - 240+000*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- (5) Loaiza, J. I. (2017). *Mejoramiento de suelos GP con vinaza*. Samborondon, Ecuador: Universidad de Especialidades Espíritu Santo.
- (6) Toledo, A. J. (2014). *Propuesta para el aprovechamiento de la vinaza en el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de suelos friccionantes utilizados en subrasantes en carreteras*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- (7) Lambe, W., & Whitman, R. (2010). *Mecánica de Suelos*. Mexico: Limusa.
- (8) Ministerio de transportes y comunicaciones. (9 de Abril de 2014). *Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos* (Vols. Sección de suelos, geología, geotecnia y pavimentos). Lima, Perú: Ministerio de transportes y comunicaciones.
- (9) Ministerio de transportes y comunicaciones. (3 de Junio de 2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones.
- (10) Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (13 de Enero de 2010). *Reglamento Nacional de Edificaciones CE.010*.
- (11) Instituto Nacional de Calidad. (2018). *INACAL*. Obtenido de <https://www.inacal.gob.pe/principal/categoria/qslnp>
- (12) Ministerio de transportes y comunicaciones. (12 de Enero de 2018). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*.
- (13) Duque, G., & Escobar, C. E. (2002). *Mecánica de los suelos*. Manizales, Colombia: Universidad nacional de Colombia.
- (14) Juárez, E., & Rico, A. (2005). *Mecánica de suelos* (Vol. 1). Mexico: Limusa.
- (15) Crespo, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. Mexico: Limusa.

- (16)Vásquez, E. E. (2008). *Manejo ambiental de la vinaza:Efecto de su adición sobre el contenido de potasio intercambiable en un suelo agrícola*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- (17)Das, B. M. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones* (Séptima ed.). Mexico: Cengage Learning.

## **ANEXOS**

## **1.MATRIZ DE CONSISTENCIA**



## **2.ENSAYOS DE LABORATORIO**



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

**ASTERESPI**  
S.A.C

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
 Proyecto/Obra : "UTILIZACION DE LA VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR PARA ESTABILIZAR SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO"  
 Ubicación : JR. SAN MARTIN, PALIAN  
 Atención : JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
 Fecha de recepción : sábado, 21 de Julio de 2018  
 Fecha de emisión : lunes, 20 de Agosto de 2018

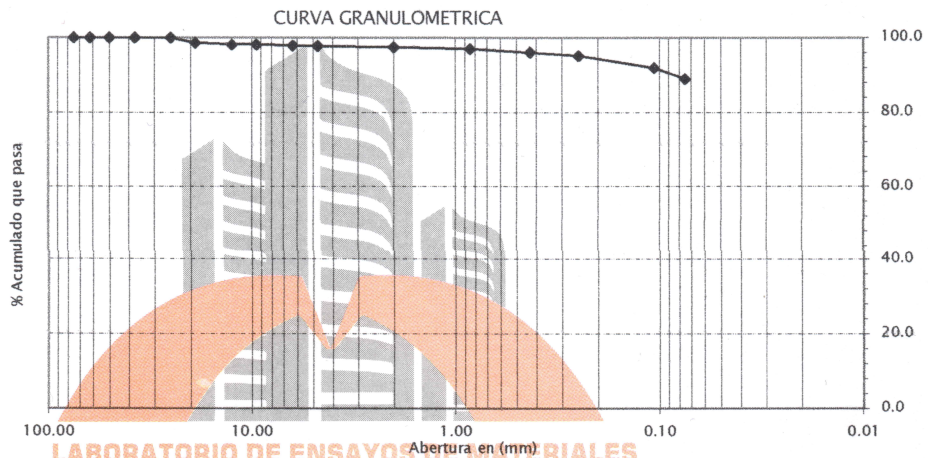
ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 339,128 - ASTM D422

Código : ASTM D422-63(2007)e2  
 Título : Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Withdrawn 2016)  
 Código : NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)  
 Título : SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

LIMITES DE CONSISTENCIA NTP 339,129 - ASTM D4318

Código : (BS 1377:1990: parte 2, las cláusulas 4.3, 4.5)  
 Título : Methods of Test for Soils for Civil Engineering Purposes  
 Código : NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)  
 Título : SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	% Acum.
3"	75.00	100.0
2 1/2"	62.00	100.0
2"	50.00	100.0
1 1/2"	37.50	100.0
1"	25.00	100.0
3/4"	19.00	98.6
1/2"	12.50	98.1
3/8"	9.50	98.1
1/4"	6.30	97.9
N° 4	4.75	97.8
N° 10	2.00	97.5
N° 20	0.85	97.0
N° 40	0.43	96.1
N° 60	0.25	95.1
N° 140	0.106	92.0
N° 200	0.075	89.0

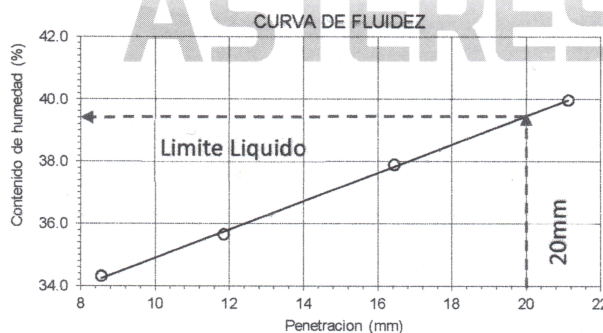


Lim. Líquido

Penetracion (mm)	w (%)
8.6	34.31
11.9	35.65
16.4	37.89
21.1	39.96

Lim. Plastico

16.02 %
17.14 %



LIMITE LIQUIDO	39.40 %
LIMITE PLASTICO	16.58 %
INDICE PLASTICO	22.82 %
INDICE DE FLUIDEZ	0.01
CLASIF. SUCS :	CL
ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD	
CLASIF. AASHTO :	A-6 (20)
CONT. HUMEDAD (%)	16.90

Ubicación	MUESTRA PALIAN
Muestra	M1
Muestra	SUELO NATURAL
Profundidad	0.6

OBSERVACIONES

: Muestras provista e identificada por el interesado

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)

Penetrometro Estatico para limite liquido con punta conica - Marca Ele International

Estufa utilizada: Modelo STHX-1A, Serie 17824 - Calibrada por PyS Equipos (Certificado de Calibracion N°1235/18)

Balanza OHAUS SE602F, N° Serie 8358190110 - 600gr. Calibrada por PyS Equipos (Certificado de Calibracion N°SM-847-2018)

**ASTERESPI S.A.C.**  
 Ing. Katherine Espiritu Velaz  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y MS  
 CIP 133923





LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

**ASTERESPI**  
S.A.C

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
 Proyecto/Obra : "UTILIZACION DE LA VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR PARA ESTABILIZAR SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO"  
 Ubicación : JR. SAN MARTIN, PALIAN  
 Atención : JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
 Fecha de recepción : sábado, 21 de Julio de 2018  
 Fecha de emisión : lunes, 20 de Agosto de 2018

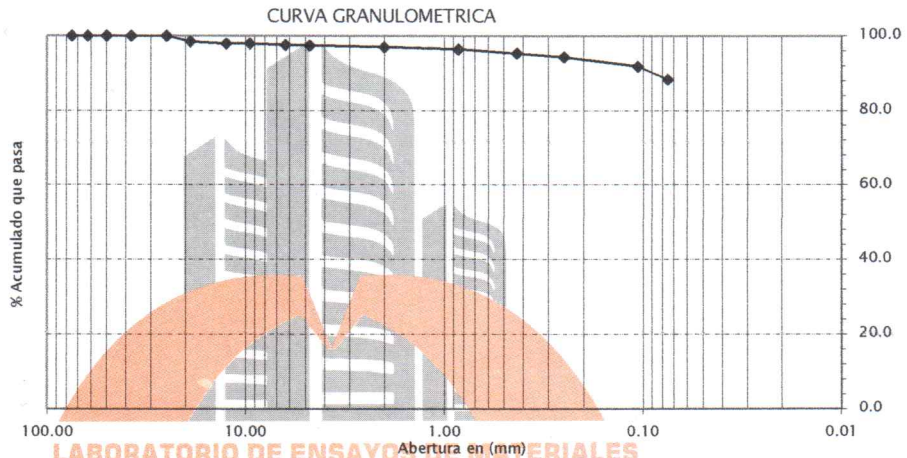
ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 339,128 - ASTM D422

Código ASTM D422-63(2007)e2 Código NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)  
 Título Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils Título SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

LIMITES DE CONSISTENCIA NTP 339,129 - ASTM D4318

Código (BS 1377:1990: parte 2, las cláusulas 4.3, 4.5) NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)  
 Título Methods of Test for Soils for Civil Engineering Purposes SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	% Acum.
3"	75.00	100.0
2 1/2"	62.00	100.0
2"	50.00	100.0
1 1/2"	37.50	100.0
1"	25.00	100.0
3/4"	19.00	98.5
1/2"	12.50	97.9
3/8"	9.50	97.9
1/4"	6.30	97.6
N° 4	4.75	97.4
N° 10	2.00	97.0
N° 20	0.85	96.4
N° 40	0.43	95.4
N° 60	0.25	94.4
N° 140	0.106	91.8
N° 200	0.075	88.4

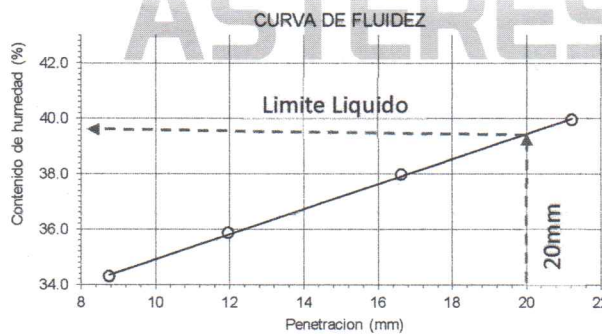


Lim. Líquido

Penetración (mm)	w (%)
8.8	34.30
12.0	35.87
16.6	37.98
21.2	39.96

Lim. Plástico

18.15 %
21.48 %



LIMITE LIQUIDO	39.60 %
LIMITE PLASTICO	19.82 %
INDICE PLASTICO	19.78 %
INDICE DE FLUIDEZ	-0.14
CLASIF. SUCS :	CL
ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD	
CLASIF. AASHTO :	A-6 (18)
CONT. HUMEDAD (%)	17.05

Ubicación	MUESTRA PALIAN
Muestra	M2
Dosificación	25%VINAZA +75%AGUA
Profundidad	0.6

OBSERVACIONES

: Muestras provista e identificada por el interesado

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)

Penetrometro Estatico para limite liquido con punta conica - Marca Ele International

Estufa utilizada: Modelo STHX-1A, Serie 17824 - Calibrada por PyS Equipos (Certificado de Calibración N°1235/18)

Balanza OHAUS SE602F, N° Serie 8358190110 - 600gr. Calibrada por PyS Equipos (Certificado de Calibración N°SM-847-2018)



Ing. Katherine Espiritu Velaz  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y MS  
CIP 133923





LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

**ASTERESPI**  
S.A.C

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
 Proyecto/Obra : "UTILIZACION DE LA VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR PARA ESTABILIZAR SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO"  
 Ubicación : JR. SAN MARTIN, PALIAN  
 Atención : JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
 Fecha de recepción : sábado, 21 de Julio de 2018  
 Fecha de emisión : lunes, 20 de Agosto de 2018

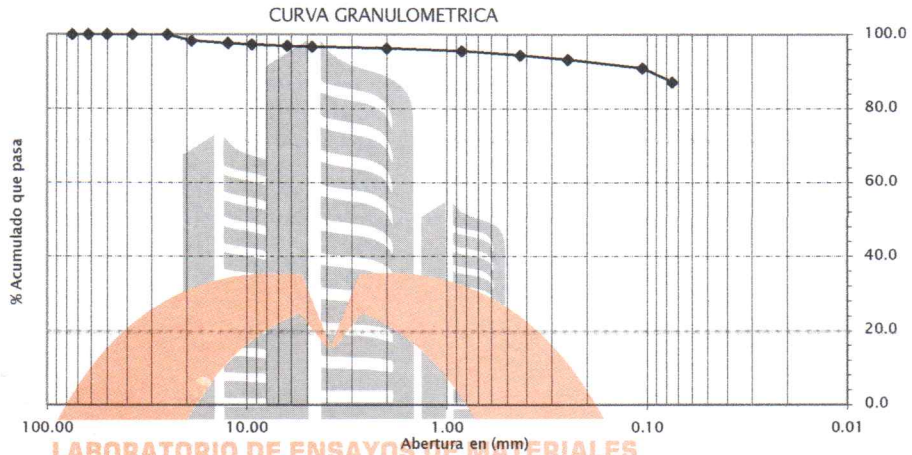
ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 339,128 - ASTM D422

Código ASTM D422-63(2007)e2 Código NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)  
 Título Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils Título SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999

LIMITES DE CONSISTENCIA NTP 339,129 - ASTM D4318

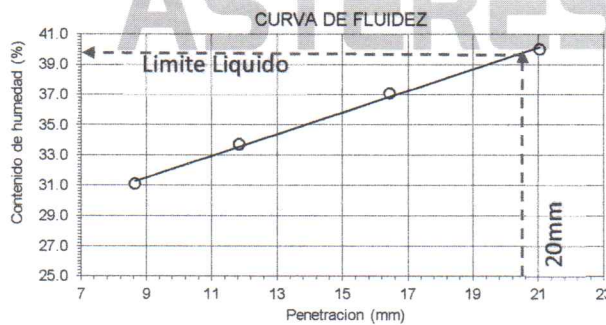
Código (BS 1377:1990: parte 2, las cláusulas 4.3, 4.5) NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)  
 Título Methods of Test for Soils for Civil Engineering Purposes SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 NTP 339.130:1999 (revisada el 2014)

Tamiz	Abertura	% Acum.
3"	75.00	100.0
2 1/2"	62.00	100.0
2"	50.00	100.0
1 1/2"	37.50	100.0
1"	25.00	100.0
3/4"	19.00	98.4
1/2"	12.50	97.7
3/8"	9.50	97.4
1/4"	6.30	97.0
N° 4	4.75	96.8
N° 10	2.00	96.3
N° 20	0.85	95.6
N° 40	0.43	94.4
N° 60	0.25	93.4
N° 140	0.106	91.0
N° 200	0.075	87.25



Lim. Líquido

Penetracion (mm)	w (%)
8.7	31.09
11.8	33.71
16.5	37.07
21.0	39.97



Lim. Plástico

18.31 %
23.09 %

LIMITE LIQUIDO	39.75 %
LIMITE PLASTICO	20.70 %
INDICE PLASTICO	19.05 %
INDICE DE FLUIDEZ	-0.17
CLASIF. SUCS :	CL
ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD	
CLASIF. AASHTO :	A-6 (17)
CONT. HUMEDAD (%)	17.42

Ubicación	MUESTRA PALIAN
Muestra	M3
Dosificación	50%VINAZA +50%AGUA
Profundidad	0.6

OBSERVACIONES

: Muestras provista e identificada por el interesado

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)

Penetrometro Estatico para limite liquido con punta conica - Marca Ele International

Estufa utilizada: Modelo STHX-1A, Serie 17824 - Calibrada por PyS Equipos (Certificado de Calibracion N°1235/18)

Balanza OHAUS SE602F, N° Serie 8358190110 - 600gr. Calibrada por PyS Equipos (Certificado de Calibracion N°SM-847-2018)

**ASTERESPI S.A.C.**

*Ing. Katherine Espiritu Veliz*  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y MS  
 CIP 133923





LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

**ASTERESPI**  
S.A.C

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
 Proyecto/Obra : "UTILIZACION DE LA VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR PARA ESTABILIZAR SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO"  
 Ubicación : JR. SAN MARTIN, PALIAN  
 Atención : JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
 Fecha de recepción : sábado, 21 de Julio de 2018  
 Fecha de emisión : lunes, 20 de Agosto de 2018

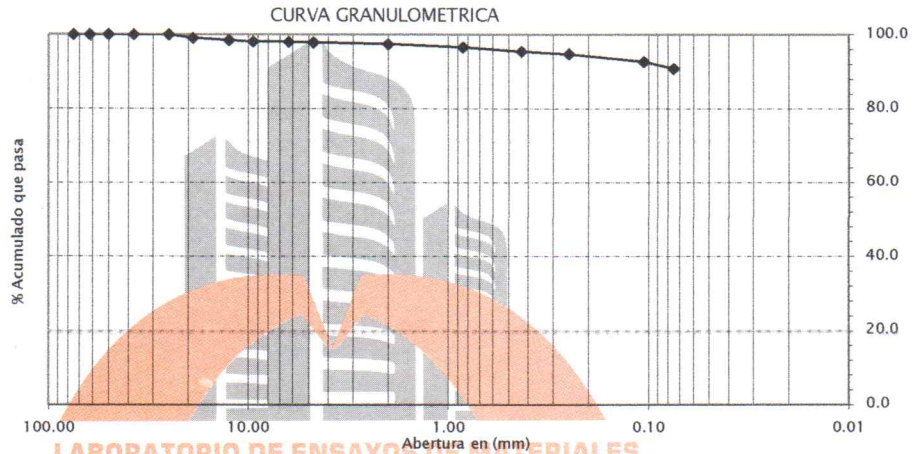
ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 339,128 - ASTM D422

Código ASTM D422-63(2007)e2 Código NTP 339.128:1999 (revisada el 2014)  
 Título Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils Título SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.128:1999 (Withdrawn 2016)

LIMITES DE CONSISTENCIA NTP 339,129 - ASTM D4318

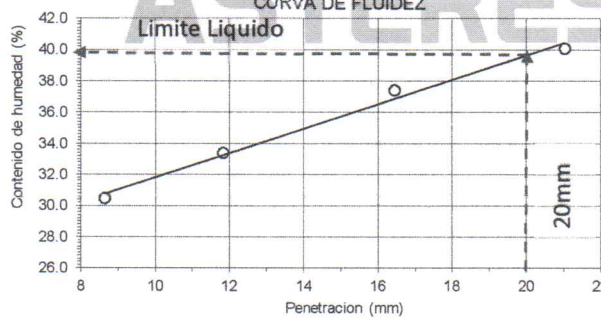
Código (BS 1377:1990: parte 2, las cláusulas 4.3, 4.5) NTP 339.129:1999 (revisada el 2014)  
 Título Methods of Test for Soils for Civil Engineering Purposes SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. 1ª Edición. Reemplaza a la NTP 339.129:1999 (Withdrawn 2014)

Tamiz	Abertura	% Acum.
3"	75.00	100.0
2 1/2"	62.00	100.0
2"	50.00	100.0
1 1/2"	37.50	100.0
1"	25.00	100.0
3/4"	19.00	99.0
1/2"	12.50	98.5
3/8"	9.50	98.2
1/4"	6.30	98.0
N° 4	4.75	97.9
N° 10	2.00	97.4
N° 20	0.85	96.6
N° 40	0.43	95.5
N° 60	0.25	94.8
N° 140	0.106	92.7
N° 200	0.075	90.9



Lim. Líquido

Penetración (mm)	w (%)
8.8	30.45
12.0	33.40
16.5	37.38
21.1	40.08



Lim. Plástico

20.28 %
23.40 %

LIMITE LIQUIDO	39.90 %
LIMITE PLASTICO	21.84 %
INDICE PLASTICO	18.06 %
INDICE DE FLUIDEZ	-0.22
CLASIF. SUCS :	CL
ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD	
CLASIF. AASHTO :	A-6 (17)
CONT. HUMEDAD (%)	17.80

Ubicación	MUESTRA PALIAN
Muestra	M4
Dosificación	75%VINAZA +25%AGUA
Profundidad	0.6

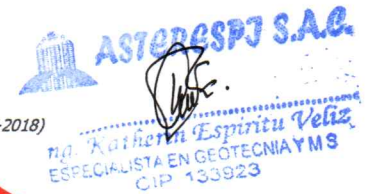
OBSERVACIONES

: Muestras provista e identificada por el interesado

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (ELE INTERNATIONAL)  
 Penetrometro Estatico para límite líquido con punta conica - Marca Ele International  
 Estufa utilizada: Modelo 5THX-1A, Serie 17824 - Calibrada por PyS Equipos (Certificado de Calibración N°1235/18)  
 Balanza OHAUS SE602F, N° Serie 8358190110 - 600gr. Calibrada por PyS Equipos (Certificado de Calibración N°SM-847-2018)



Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo  
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260  
 E-mail: kageotecnia@gmail.com





LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
Proyecto/Obra: "UTILIZACION DE LA VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR PARA ESTABILIZAR SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO"  
Ubicación: JR. SAN MARTIN, PALIAN  
Atención: JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
Fecha de recepción: sábado, 21 de Julio de 2018  
Fecha de emisión: lunes, 20 de Agosto de 2018

NORMA : ASTM D1557-2012 - Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup>) 2,700 kN-m/m<sup>3</sup>)

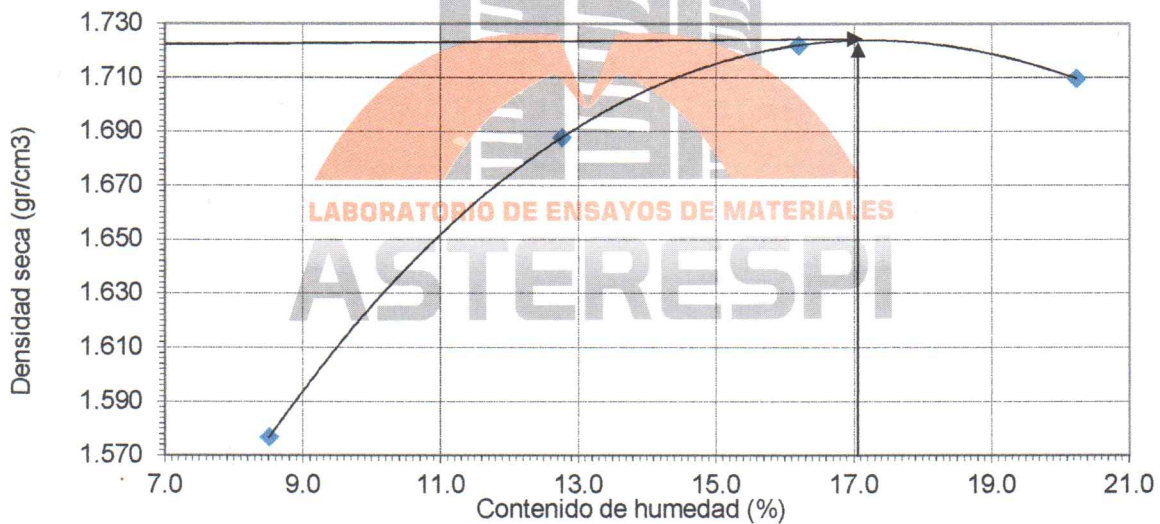
N.T.P. 339.141

**DATOS DE LA MUESTRA**

Muestra: M1  
Ubicación: Suelo Natural

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>) 1.722 gr/cm<sup>3</sup>  
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 17.10%

Contenido de agua	8.51	12.77	16.20	20.23
Peso volumetrico seco	1.577	1.688	1.722	1.710



**Observaciones:**

\* Muestras provista e identificada por el interesado

\* 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)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

**ASTERESPI S.A.C.**  
Ing. Katherin Espiritu Veliz  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y MS  
CIP 133923





LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

**ASTERESPI**  
S.A.C

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
Proyecto/Obra: "UTILIZACION DE LA VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR PARA ESTABILIZAR SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO"  
Ubicación: JR. SAN MARTIN, PALIAN  
Atención: JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
Fecha de recepción: sábado, 21 de Julio de 2018  
Fecha de emisión: lunes, 20 de Agosto de 2018

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR**  
**N.T.P. 339.145 / ASTM D1883**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Muestra: M1  
Ubicación: Suelo Natural

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Maxima Densidad Seca	1.722 g/cm <sup>3</sup>
Optimo Contenido de Humedad	17.10 %

Pag. 01 de 02

ENSAYO DE CBR

Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	Expansión %	Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
1	56	6.4	1.726	1.269	0.1	100.0	6.2
2	25	5.4	1.694	1.501	0.1	95.0	4.3
3	10	3.3	1.569	1.973			

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

**ASTERESPI**

**Observaciones:**

\* Muestras provista e identificada por el interesado

\* 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)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

  
Ing. Katharina Espiritu Veliz  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S.  
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo  
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260  
E-mail: kageotecnia@gmail.com





LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

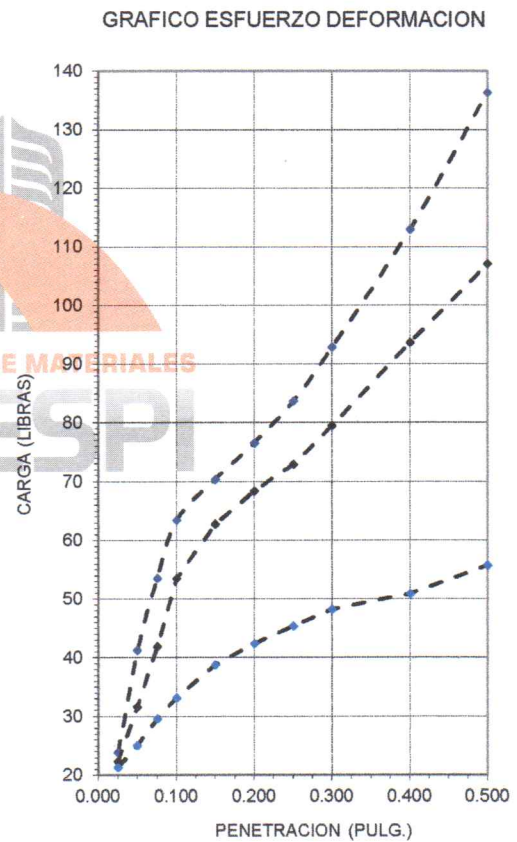
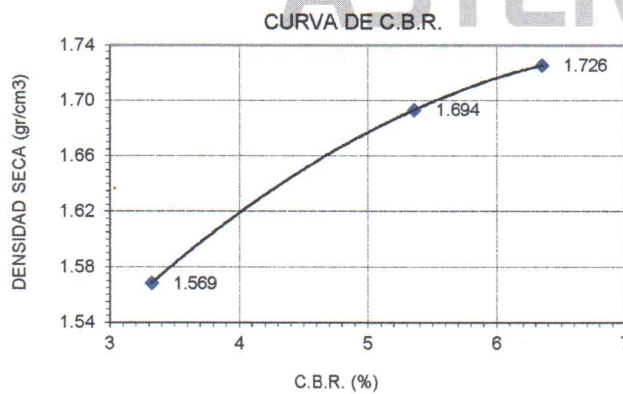
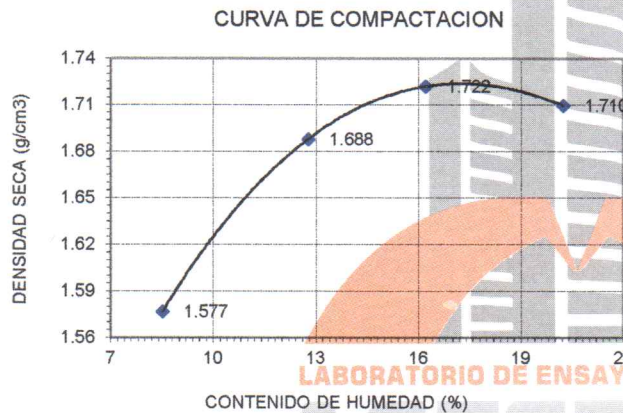
Peticionario : JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
Proyecto/Obra: "UTILIZACION DE LA VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR PARA ESTABILIZAR SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO"  
Ubicación: JR. SAN MARTIN, PALIAN  
Atención: JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
Fecha de recepción: sábado, 21 de Julio de 2018  
Fecha de emisión: lunes, 20 de Agosto de 2018

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR**  
**N.T.P. 339.145 / ASTM D1883**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Muestra: M1  
Ubicación: Suelo Natural

Pag. 02 de 02



**Observaciones:**

\* Muestras provista e identificada por el interesado

\* 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)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEDEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolución Nº002-98 INDECOPI - CRT del 07-01-1998)

**ASTERESPI S.A.C.**  
Katherin Espiritu Veliz  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y MS  
CIP 133923





LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
 Proyecto/Obra: "UTILIZACION DE LA VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR PARA ESTABILIZAR SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO"  
 Ubicación: JR. SAN MARTIN, PALIAN  
 Atención: JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
 Fecha de recepción: sábado, 21 de Julio de 2018  
 Fecha de emisión: lunes, 20 de Agosto de 2018

NORMA : ASTM D1557-2012 - Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup>) 2,700 kN-m/m<sup>3</sup>)

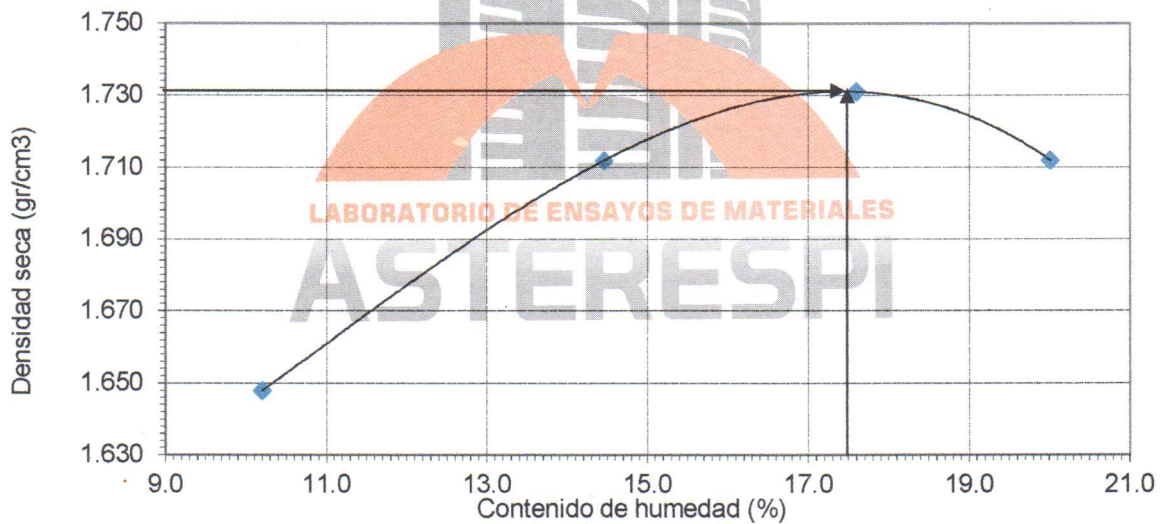
N.T.P. 339.141

**DATOS DE LA MUESTRA**

Muestra: M2  
 Ubicación: Palian  
 Dosificación: 25%VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR +75%AGUA

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>) 1.731 gr/cm<sup>3</sup>  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 17.50%

Contenido de agua	10.20	14.46	17.59	20.01
Peso volumetrico seco	1.648	1.712	1.731	1.712



**Observaciones:**

- \* Muestras provista e identificada por el interesado
- \* 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)
- \* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEDEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

**ASTERESPI S.A.C.**  
 Ing. Katherine Espiritu Veliz  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIAYMS  
 C.I.P. 133923





LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

**ASTERESPI**  
S.A.C

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
Proyecto/Obra: "UTILIZACION DE LA VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR PARA ESTABILIZAR SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO"  
Ubicación: JR. SAN MARTIN, PALIAN  
Atención: JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
Fecha de recepción: sábado, 21 de Julio de 2018  
Fecha de emisión: lunes, 20 de Agosto de 2018

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR**  
**N.T.P. 339.145 / ASTM D1883**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Muestra: M2

Ubicación: Palian

Dosificación: 25%VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR +75%AGUA

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Maxima Densidad Seca	1.731 g/cm <sup>3</sup>
Optimo Contenido de Humedad	17.50 %

Pag. 01 de 02

ENSAYO DE CBR

Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	Expansión %	Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
1	56	8.8	1.732	1.218	0.1	100.0	8.7
2	25	7.9	1.698	1.458	0.1	95.0	6.6
3	10	5.9	1.575	1.878			

**Observaciones:**

\* Muestras provista e identificada por el interesado

\* 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)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

**ASTERESPI S.A.C.**  
  
Ing. Katherine Espiritu Veliz  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S.  
CIP 133023

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo  
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260  
E-mail: kageotecnia@gmail.com





LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

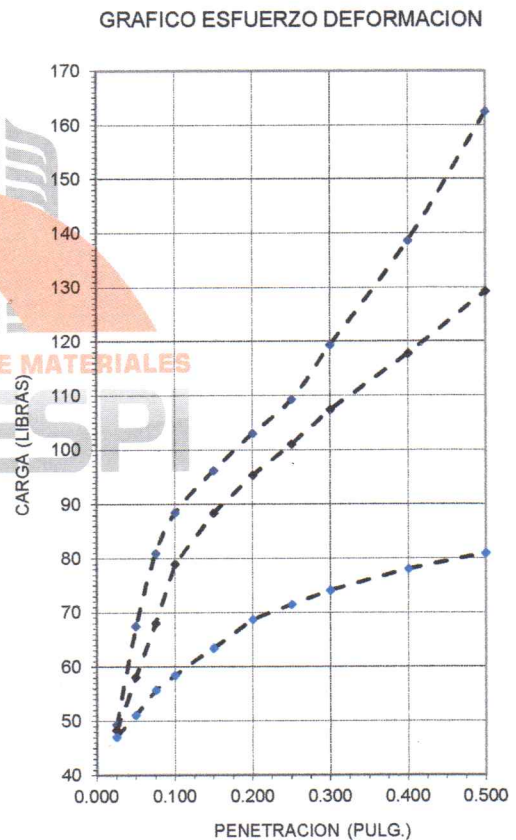
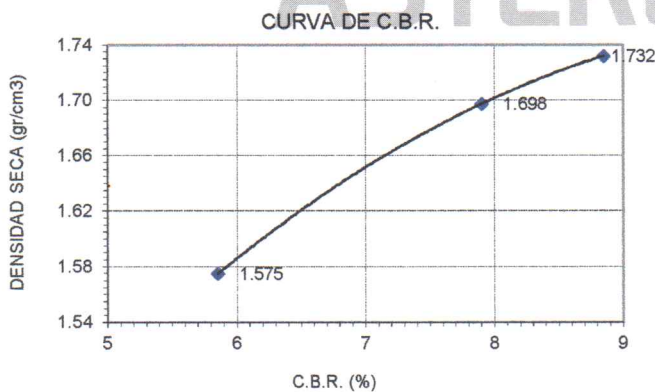
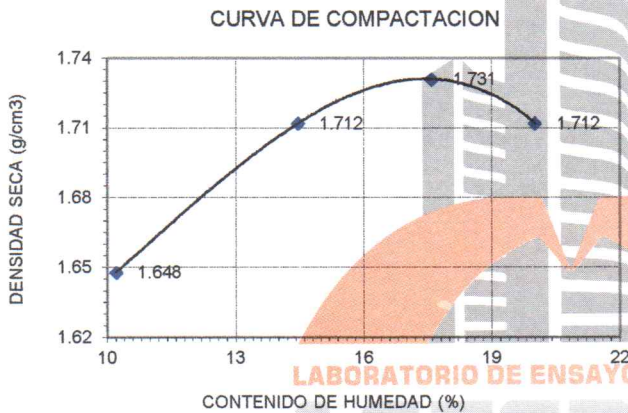
Peticionario : JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
Proyecto/Obra: "UTILIZACION DE LA VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR PARA ESTABILIZAR SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO"  
Ubicación: JR. SAN MARTIN, PALIAN  
Atención: JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
Fecha de recepción: sábado, 21 de Julio de 2018  
Fecha de emisión: lunes, 20 de Agosto de 2018

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR**  
**N.T.P. 339.145 / ASTM D1883**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Muestra: M2  
Ubicación: Palian  
Dosificación: 25%VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR +75%AGUA

Pag. 02 de 02



**Observaciones:**

\* Muestras provista e identificada por el interesado

\* 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)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolución N°002-96/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)





LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

**ASTERESPI**  
S.A.C

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
 Proyecto/Obra: "UTILIZACION DE LA VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR PARA ESTABILIZAR SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO"  
 Ubicación: JR. SAN MARTIN, PALIAN  
 Atención: JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
 Fecha de recepción: sábado, 21 de Julio de 2018  
 Fecha de emisión: lunes, 20 de Agosto de 2018

NORMA : ASTM D1557-2012 - Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup>) 2,700 kN-m/m<sup>3</sup>)

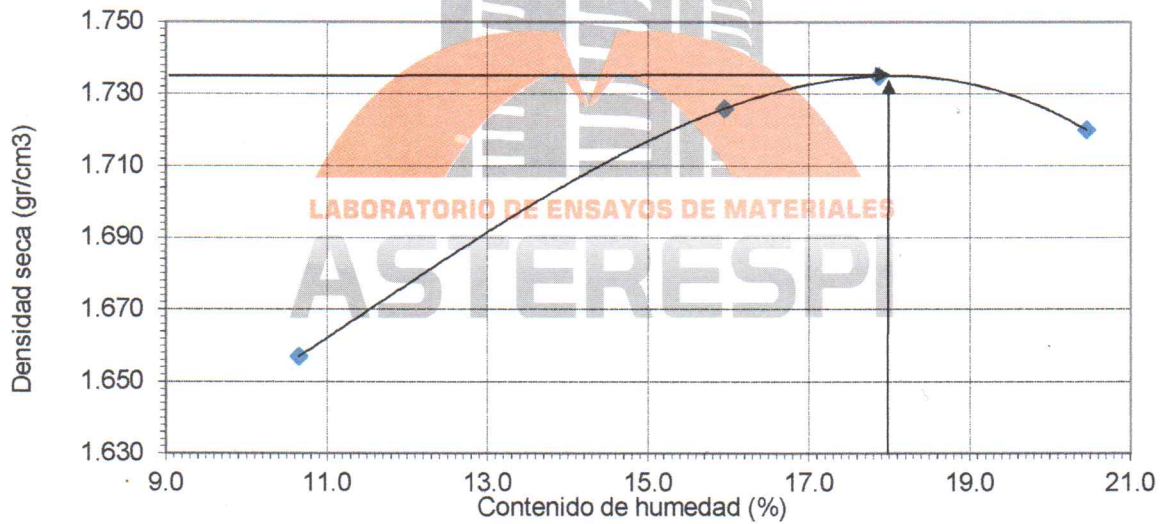
N.T.P. 339.141

**DATOS DE LA MUESTRA**

Muestra: M3  
 Ubicación: Palian  
 Dosificación: 50%VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR +50%AGUA

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>) 1.736 gr/cm<sup>3</sup>  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 18.00%

Contenido de agua	10.65	15.95	17.86	20.45
Peso volumetrico seco	1.657	1.726	1.735	1.720



**Observaciones:**

- \* Muestras provista e identificada por el interesado
- \* 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)
- \* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DENEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

**ASTERESPI S.A.C.**  
 Ing. Katherine Espiritu Veliz  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y MS  
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo  
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260  
 E-mail: kageotecnia@gmail.com





LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

**ASTERESPI**  
S.A.C

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
Proyecto/Obra: "UTILIZACION DE LA VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR PARA ESTABILIZAR SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO"  
Ubicación: JR. SAN MARTIN, PALIAN  
Atención: JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
Fecha de recepción: sábado, 21 de Julio de 2018  
Fecha de emisión: lunes, 20 de Agosto de 2018

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR**  
**N.T.P. 339.145 / ASTM D1883**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Muestra: M3

Ubicación: Palian

Dosificación: 50%VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR +50%AGUA

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Maxima Densidad Seca	1.736 g/cm <sup>3</sup>
Optimo Contenido de Humedad	18.00 %

Pag. 01 de 02

ENSAYO DE CBR

Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	Expansión %	Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
1	56	10.0	1.737	1.158	0.1	100.0	9.9
2	25	9.2	1.699	1.407	0.1	95.0	8.0
3	10	7.1	1.581	1.836			

**Observaciones:**

\* Muestras provista e identificada por el interesado

\* 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)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

  
**ASTERESPI S.A.C.**  
Ing. Katharina Espiritu Veliz  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y MS  
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo  
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260  
E-mail: kageotecnia@gmail.com





LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

**ASTERESPI**  
S.A.C

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

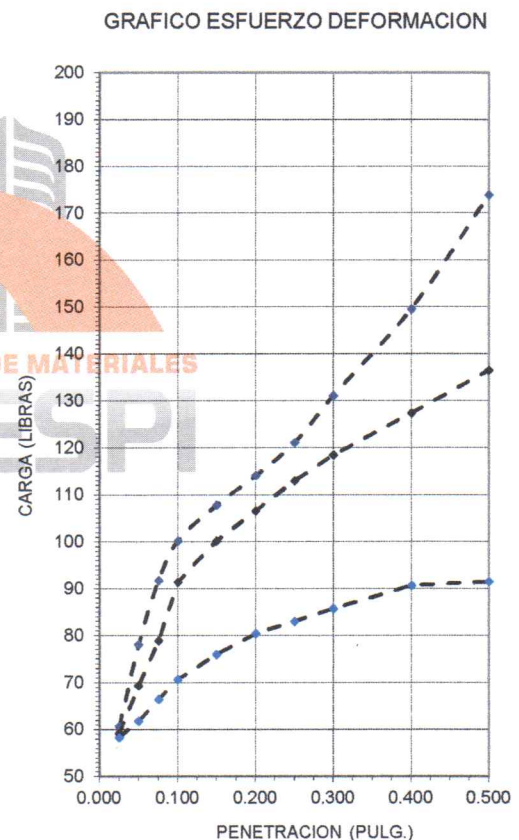
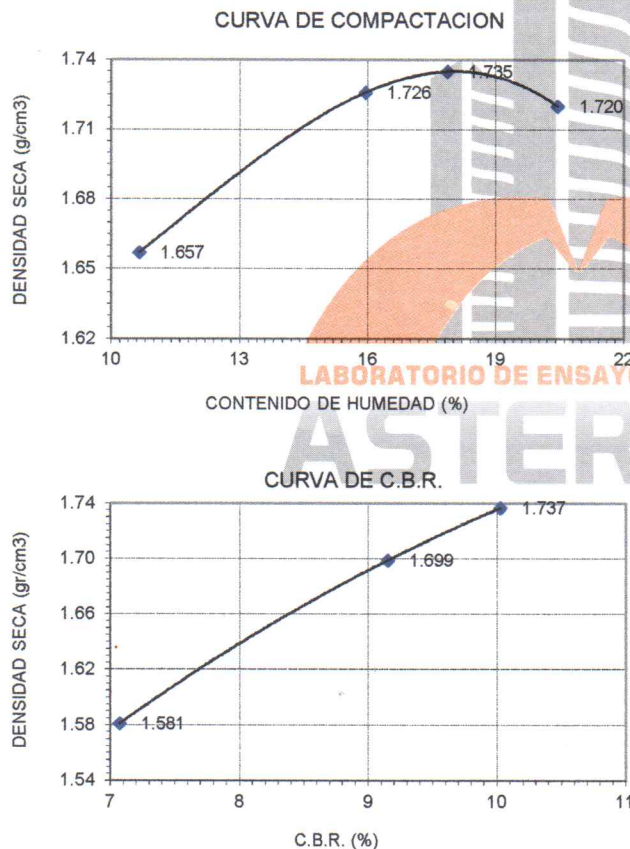
Peticionario : JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
Proyecto/Obra: "UTILIZACION DE LA VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR PARA ESTABILIZAR SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO"  
Ubicación: JR. SAN MARTIN, PALIAN  
Atención: JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
Fecha de recepción: sábado, 21 de Julio de 2018  
Fecha de emisión: lunes, 20 de Agosto de 2018

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR**  
**N.T.P. 339.145 / ASTM D1883**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Muestra: M3  
Ubicación: Palian  
Dosificación: 50%VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR +50%AGUA

Pag. 02 de 02



**Observaciones:**

\* Muestras provista e identificada por el interesado

\* 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)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEDEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolución 19902-95/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)



Ing. Katherine Espiritu Veliz  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y MS  
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo  
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260  
E-mail: kageotecnia@gmail.com





LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

**ASTERESPI**  
S.A.C

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
 Proyecto/Obra: "UTILIZACION DE LA VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR PARA ESTABILIZAR SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO"  
 Ubicación: JR. SAN MARTIN, PALIAN  
 Atención: JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
 Fecha de recepción: sábado, 21 de Julio de 2018  
 Fecha de emisión: lunes, 20 de Agosto de 2018

NORMA : ASTM D1557-2012 - Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup>) 2,700 kN-m/m<sup>3</sup>)

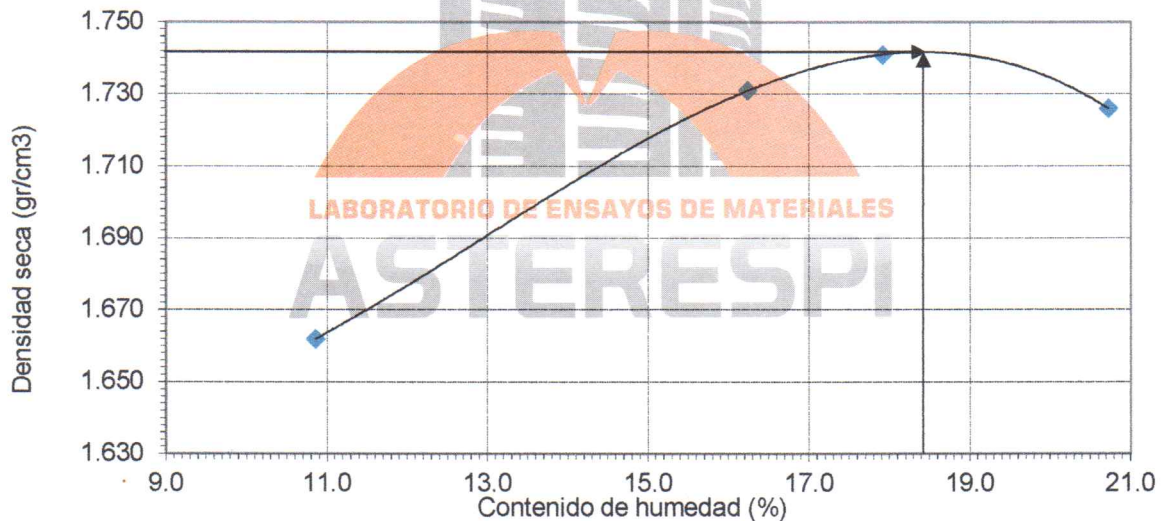
N.T.P. 339.141

**DATOS DE LA MUESTRA**

Muestra: M4  
 Ubicación: Palian  
 Dosificación: 75%VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR +25%AGUA

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>) 1.741 gr/cm<sup>3</sup>  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) 18.50%

Contenido de agua	10.86	16.24	17.91	20.72
Peso volumetrico seco	1.662	1.731	1.741	1.726



**Observaciones:**

\* Muestras provista e identificada por el interesado

\* 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)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEDEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

**ASTERESPI S.A.C.**  
  
 Ing. Katherine Espiritu Veliz  
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S.  
 CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo  
 Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260  
 E-mail: kageotecnia@gmail.com





LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

**ASTERESPI**  
S.A.C

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

Peticionario : JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
Proyecto/Obra: "UTILIZACION DE LA VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR PARA ESTABILIZAR SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO"  
Ubicación: JR. SAN MARTIN, PALIAN  
Atención: JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
Fecha de recepción: sábado, 21 de Julio de 2018  
Fecha de emisión: lunes, 20 de Agosto de 2018

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR**  
**N.T.P. 339.145 / ASTM D1883**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Muestra: M4

Ubicación: Palian

Dosificación: 75%VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR +25%AGUA

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Maxima Densidad Seca	1.741 g/cm <sup>3</sup>
Optimo Contenido de Humedad	18.50 %

Pag. 01 de 02

ENSAYO DE CBR

Especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	Expansión %	Penetración (pulg.)	% M.D.S.	CBR %
1	56	12.2	1.743	1.106	0.1	100.0	12.2
2	25	11.0	1.700	1.321	0.1	95.0	10.3
3	10	9.5	1.586	1.776			

**Observaciones:**

\* Muestras provista e identificada por el interesado

\* 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)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DENEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

  
**ASTERESPI S.A.C.**  
Ing. Katherine Espiritu Velaz  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y M.S  
CIP 133923

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo  
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260  
E-mail: kageotecnia@gmail.com





LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

**ASTERESPI**  
S.A.C

- CONSTRUCTORA Y CONSULTORA EN GENERAL
- LABORATORIO DE SUELOS
- TOPOGRAFÍA
- PROYECTOS EN GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

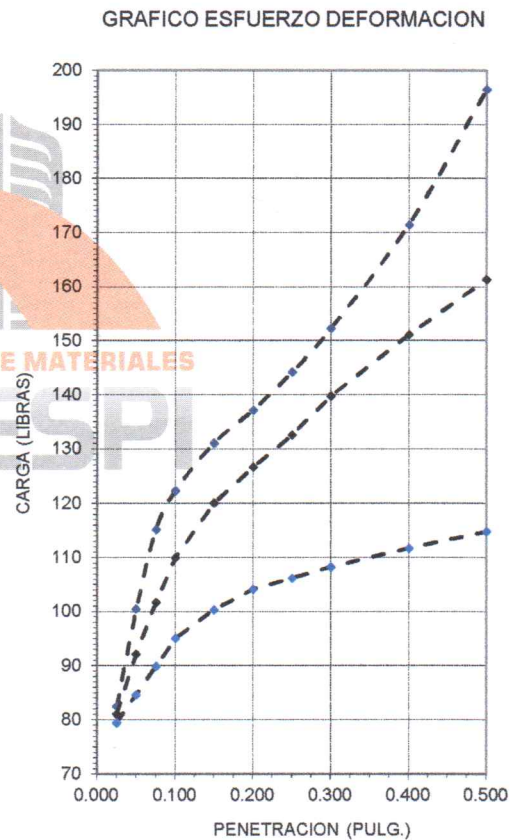
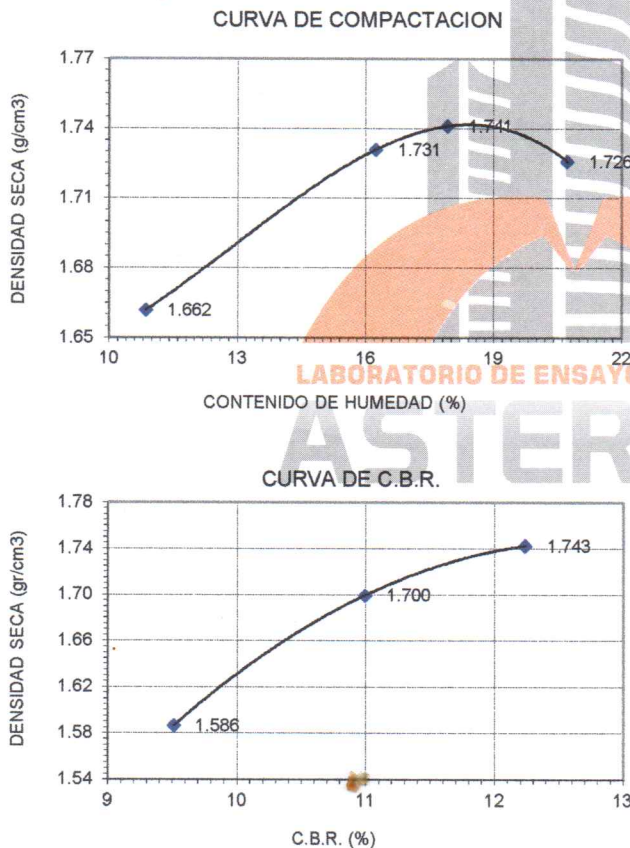
Peticionario : JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
Proyecto/Obra: "UTILIZACION DE LA VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR PARA ESTABILIZAR SUELOS COHESIVOS, HUANCAYO"  
Ubicación: JR. SAN MARTIN, PALIAN  
Atención: JEFFRY WALDIR CORDOVA RUBIN  
Fecha de recepción: sábado, 21 de Julio de 2018  
Fecha de emisión: lunes, 20 de Agosto de 2018

**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR**  
**N.T.P. 339.145 / ASTM D1883**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Muestra: M4  
Ubicación: Palian  
Dosificación: 75%VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR +25%AGUA

Pag. 02 de 02



**Observaciones:**

\* Muestras provista e identificada por el interesado

\* 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)

\* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DENEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolución N°087-98/INDECOPI - CRT del 02.01.1998)

Jr. Paracas S/N - Barrio Patacocha - Pilcomayo  
Telf.: (064) 587598 / Cel.: #981 783260  
E-mail: kageotecnia@gmail.com

**ASTERESPI S.A.C.**  
Ing. Katherine Espiritu Veliz  
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y MS  
CIP 133923

### **3.CERTIFICADO DE CALIBRACION DE EQUIPOS**



### LABORATORIO DE METROLOGIA

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1235 /18

FECHA DE EMISIÓN: 2018-02-08

PÁGINA : 1 de 3

- 1. SOLICITANTE** : **MASTERESPI S.A.C.**  
**DIRECCIÓN** : **Jr. Paracas S/N (barrio Patarcocha Pilcomayo) Junin - Huancayo**
- 2. EQUIPO** : **HORNO ELECTRICO**  
**MARCA** : **PyS EQUIPOS**  
**MODELO** : **STHX-1A**  
**N° SERIE** : **17824**  
**PROCEDENCIA** : **CHINA**  
**IDENTIFICACIÓN** : **NO INDICA**  
**UBICACIÓN** : **LABORATORIO METROLOGIA PYS EQUIPOS**  
**TEMPERATURA DE TRABAJO** : **120 °C**

DESCRIPCIÓN	CONTROL	INSTRUMENTO DEL EQUIPO
ALCANCE DE INDICACIÓN	225 °C	(*)
DIV. ESCALA / RESOLUCION	25 °C	(*)
TIPO	DIGITAL	(*)

### 3. FECHA Y LUGAR DE MEDICIÓN

La calibración se efectuó el 08 de febrero del 2018, en el Laboratorio de Metrologia PYS EQUIPOS

### 4. MÉTODO Y PATRÓN DE MEDICIÓN :

La calibración se efectuó por comparación con patrones que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990, tomando como referencia el Procedimiento de Calibración de Incubadoras y Estufas PC-007 del SNM/INDECOPI.

Se utilizó un termómetro patrón con Certificado de Calibración N° LT-651-2017 trazable a INACAL

### 5. RESULTADOS :

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Ambiental : 20.0 °C      Humedad Relativa : 75 %      Presión Ambiental : 1 bar

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

La incertidumbre de la medición se ha determinado con un factor de cobertura  $k = 2$ , para un nivel de confianza de 95% aproximadamente.

### 6. OBSERVACIONES

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO". (\*) El equipo solo cuenta con un control analogico de temperatura.

La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o reglamentos vigentes.

Los resultados se refieren únicamente al instrumento ensayado en el momento de la calibración y en las condiciones especificadas en este documento. No se realizó ningún tipo de ajuste al equipo antes de la calibración.

*Amed Castillo*

Calibrado por:  
Amed Castillo Espinoza

Dpto: Metrologia

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31  
 ☎ Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989

E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe

Web Page: www.pys.pe





TEMPERATURA DE TRABAJO : 120 °C													
Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	Indicación de termómetros patrones										Temperatura promedio (°C)	Tmax - Tmin
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	120	122.5	122.3	126.2	121.2	119.5	122.0	119.0	129.3	120.5	118.9	122.1	10.4
02	120	124.8	125.2	129.8	123.2	122.4	121.7	133.6	128.2	123.3	121.2	125.3	12.4
04	120	123.9	123.9	128.3	122.1	120.5	122.4	119.2	128.2	120.5	118.4	122.7	9.9
06	120	125.1	125.2	130.0	122.5	121.8	124.9	120.5	130.8	121.3	118.8	124.1	12.0
08	120	125.2	125.2	129.8	122.9	122.2	124.6	120.8	132.7	122.2	120.0	124.6	12.7
10	120	122.9	122.9	126.5	121.1	119.5	121.8	118.6	127.4	120.2	118.5	121.9	8.9
12	120	124.4	124.6	129.8	122.3	121.3	124.0	120.4	130.9	121.8	119.8	123.9	11.1
14	120	122.0	122.1	126.0	120.9	119.3	121.6	118.4	128.4	120.3	118.5	121.8	10.0
16	120	125.5	125.3	130.9	123.0	122.6	126.2	121.7	135.0	123.3	121.0	125.5	14.0
18	120	122.7	123.3	127.3	121.9	120.9	123.4	120.1	130.2	122.0	120.0	123.2	10.2
20	120	122.4	122.8	127.2	121.6	120.9	123.9	120.9	132.7	122.6	120.7	123.6	12.0
22	120	125.0	125.2	130.3	123.1	122.7	125.5	121.8	133.0	123.5	121.2	125.1	11.8
24	120	123.2	123.2	127.1	121.4	119.7	121.8	118.7	128.4	120.5	118.7	122.3	9.7
26	120	124.3	124.3	128.8	122.7	121.8	124.8	121.2	133.0	122.8	121.0	124.5	12.0
28	120	124.1	123.9	128.1	122.1	121.1	123.3	119.9	130.0	121.0	119.3	123.3	10.7
30	120	123.2	123.6	127.5	121.4	120.3	122.2	119.3	128.9	120.4	118.3	122.5	10.6
32	120	123.6	124.0	128.0	121.9	120.8	123.0	119.4	128.7	120.5	119.2	122.9	9.5
34	120	124.6	124.7	129.2	122.4	121.7	124.6	121.0	132.1	122.2	120.0	124.3	12.1
36	120	124.1	124.3	128.7	122.2	121.4	124.3	120.3	131.2	121.6	119.6	123.8	11.6
38	120	122.3	122.4	126.6	120.9	119.3	121.8	118.5	127.3	119.9	118.1	121.7	9.2
40	120	125.3	125.3	130.2	123.0	122.9	125.6	121.6	133.2	123.2	120.8	125.1	12.4
T. PROM.	120	123.9	124.0	128.4	122.1	121.1	123.5	120.7	130.5	121.6	119.6	123.5	
T. MAX.	120	125.5	125.3	130.9	123.2	122.9	126.2	133.6	135.0	123.5	121.2		
T. MIN.	120	122.0	122.1	126.0	120.9	119.3	121.6	118.4	127.3	119.9	118.1		
DTT	0.0	3.5	3.2	4.9	2.3	3.6	4.6	15.2	7.7	3.6	3.1		

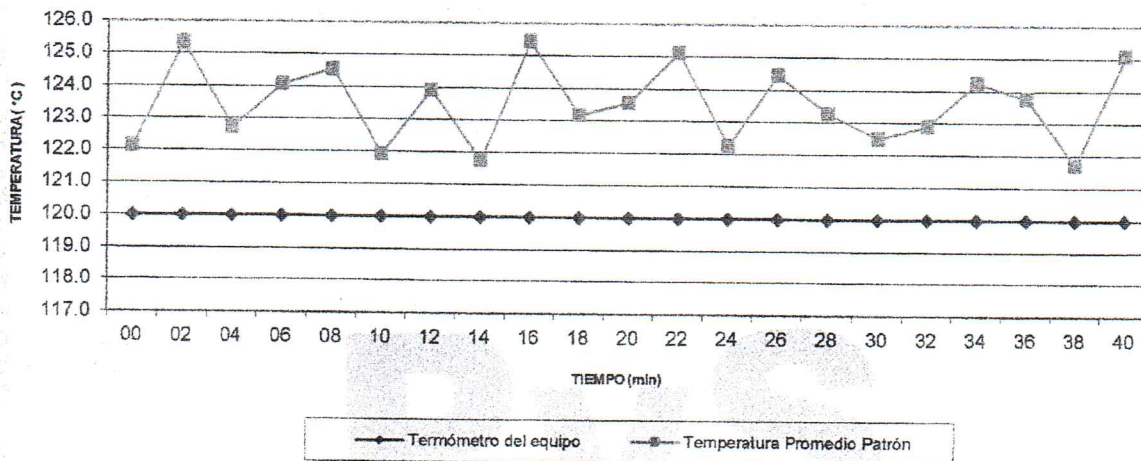
DTT: Diferencia de temperatura (T. Max - T. Min.)

Temperatura Ambiental Promedio : 20.0 °C  
 Tiempo de calibración del equipo : 40 minutos  
 Tiempo de estabilización del equipo : 1 h 20 min

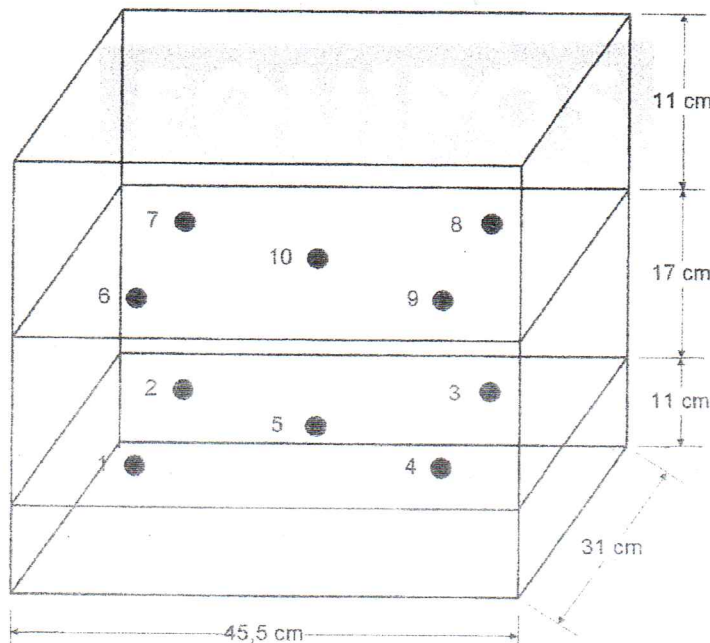
DESVIACIÓN MÁXIMA DE TEMPERATURA EN EL EQUIPO		INCERTIDUMBRE (± °C)
EN EL TIEMPO (°C)	EN EL ESPACIO (°C)	
15.2	10.8	2.0



#### DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO TEMPERATURA DE TRABAJO: 120 °C



#### UBICACIÓN DE LOS SENSORES



Los termopares 5 y 10 están ubicados sobre el centro de sus respectivos niveles a 1.5 cm por encima de ellos.  
Los demás termopares están ubicados a un cuarto de la longitud de los lados del equipo (en el centro de cada cuadrante) y a 1.5 cm por encima de sus niveles.

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31  
 Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989  
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe  
 Web Page: www.pys.pe



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
*Certificate of calibration*

**Número: 1101 / 2018**  
*Number:*

**INSTRUMENTO** : **PRENSA C.B.R., MARSHALL, UU, DIGITAL**  
*Instrument*

**FABRICANTE** : **FORNEY LLC**  
*Manufacturer*

**MODELO** : **7691**  
*Model*

**NÚMERO DE SERIE** : **2948. Serie del Indicador: 985268759**  
*Serial Number*

**RANGO DE MEDICION** : **0 - 5000 kgf**  
*Measurement range*

**SOLICITANTE** : **MASTERESPI S.A.C.**  
*Customer*

**CLASE DE PRECISION** : **1**  
*Accuracy*

**FECHA DE CALIBRACION** : **08 - 02 - 2018**  
*Date of calibration*

**NUMERO DE PAGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS: (CUATRO)**  
*Number of pages of this certificate and documents attached*

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido total o parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito de la organización que lo emite.  
*This certificate is an accurated record of the results of measurements performed. This certificate may not be partially reproduced, except whitt the prior written permission of the issuing organization.*

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. La organización que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.  
*The result of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made. The issuing organization assumes no responsibility for damages ensuing misuse of the calibrated instruments*

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados  
*The user is responsible for having the apparatus calibrated at appropriated intervals*

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31  
Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989  
E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe  
Web Page: www.pys.pe





**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
Certificate of calibration

**Número: 1101 / 2018**  
Number:

OBJETO DE PRUEBA : PRENSA C.B.R. DIGITAL  
 TRABAJO REALIZADO : CALIBRACIÓN  
 METODO UTILIZADO : COMPARACIÓN DIRECTA  
 SITIO DE CALIBRACIÓN : Laboratorio de Metrologia PYS EQUIPOS

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN:**

La MAQUINA descrita **CUMPLE** con los errores máximos tolerados en uso, según lo estipulado en la Norma Técnica Colombiana **NTC-ISO 7500-1** verificación de máquinas de ensayo uniaxiales estáticos. parte 1: máquinas de ensayo de tracción/compresión verificación y calibración del sistema de medida de fuerza.

**CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA**

Error de Exactitud	-0,400	%	Error de cero	0	%
Error de Repetibilidad	0,199	%	Error por accesorios	---	%
Error de Reversibilidad	-	%	Resolución	2,031	%

De acuerdo con los datos anteriores y según la clasificación de la Norma internacional **ISO 7500-1** la máquina de ensayos se encuentra clasificada

Escala 5000 kgf      Compresión      Clase 1      Desde el 10% hasta el 100%

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

*Certificate of calibration*

Número: 1101 / 2018  
Number:

### TRAZABILIDAD:

#### PATRÓN DE CALIBRACIÓN

Tipo/ Modelo	S Digital.
Serie	6996
Fabricante	Gregorutti
Certificado de calibración	1130214/3

La celda patrón empleada en la calibración mantiene la trazabilidad durante las mediciones realizadas a la máquina de ensayo ya que se encuentra trazada con el INTI de Argentina

#### UNIDADES EMPLEADAS

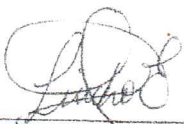
Sistema internacional de unidades

### RECOMENDACIONES:

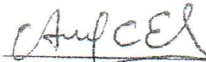
- 1- Es necesario implementar un programa de comprobación continua de la MAQUINA con patrones adecuados.
- 2- Se debe implementar un programa de aseo permanente para la MAQUINA. Esto con el fin de tratar de garantizar un correcto funcionamiento

### FIRMAS AUTORIZADAS

*Authorized signatures.*



Revisado por:  
Jonathan Luicho Espinoza.  
Dpto. de Metrología



Calibrado por:  
Amed Castillo Espinoza  
Dpto. de Metrología



PROTOCOLO DE CALIBRACIÓN

Prueba No. 1101-18

Fecha: 08/02/2018

FABRICANTE : FORNEY  
 SOLICITANTE : MASTERESPI S.A.C.  
 UBICACIÓN : Laboratorio de Metrologia PYS EQUIPOS  
 TIPO DE MAQUINA : PRENSA CBR, MARSHALL, UNCONFINADA  
 No. SERIE : 2948. Serie del indicador: 985268759  
 MODELO : 7691  
 CAPACIDAD MÁXIMA: 5000 kgf

DIVISIÓN DE ESCALA (d) = (e) = 0.1  
 CARGA MAXIMA 5000 Kgf

Lectura Máquina (Fi)			Lectura del patrón				PROMEDIO LECTURAS
			1(ASC)	2(ASC)	2(DESC)	3(ASC)	
%	kgf	kN	kN	kN	kN	kN	kN
10	500	4.9	4.92	4.91	---	4.92	4.92
20	1000	9.8	9.83	9.83	---	9.82	9.83
30	1500	14.7	14.73	14.73	---	14.72	14.73
40	2000	19.6	19.62	19.62	---	19.63	19.62
50	2500	24.5	24.54	24.53	---	24.54	24.54
60	3000	29.4	29.44	29.44	---	29.43	29.44
70	3500	34.3	34.33	34.33	---	34.34	34.33
80	4000	39.2	39.24	39.24	---	39.25	39.24
90	4500	44.1	44.14	44.15	---	44.14	44.14
100	5000	49.0	49.05	49.05	---	49.04	49.05
Lectura máquina después de la fuerza			0	0	---	0	---

Lectura Máquina (Fi)			Cálculo de errores relativos				Resolución	Incertidumbre
			Exactitud	Repetibilidad d	Reversibilidad	Accesorios		
%	Unidades	kN	q(%)	b(%)	v(%)	acc(%)	a(%)	U(%)
10	500	4.9	-0.400	0.199	---	---	2.031	1.209
20	1000	9.8	-0.201	0.100	---	---	1.018	0.641
30	1500	14.7	-0.135	0.067	---	---	0.679	0.463
40	2000	19.6	-0.052	0.050	---	---	0.510	0.382
50	2500	24.5	-0.081	0.040	---	---	0.408	0.338
60	3000	29.4	-0.068	0.033	---	---	0.340	0.311
70	3500	34.3	-0.030	0.029	---	---	0.291	0.294
80	4000	39.2	-0.027	0.025	---	---	0.255	0.282
90	4500	44.1	-0.024	0.022	---	---	0.227	0.274
100	5000	49.0	-0.042	0.020	---	---	0.204	0.268
Error de cero fo (%)			0	0	No aplica	0	No aplica	Error máx. de cero fo=0,00

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31  
 ☎ Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989  
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe  
 Web Page: www.pys.pe





### LABORATORIO DE METROLOGIA

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN SM-846-2018

1 pág. de 2

DESTINATARIO : MASTERESPI S.A.C.  
 DIRECCIÓN : Jr. Paracas S/N (barrio Patarcocha Pilcomayo) Junin - Huancayo  
 FECHA : 08 de febrero del 2018  
 LUGAR DE CALIBRACIÓN : Laboratorio PYS EQUIPOS

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: BALANZA**

MARCA	: OHAUS	CAPACIDAD MÁXIMA	30 kg
Nº DE SERIE	: B8357860161	DIV. DE ESCALA ( d )	0.001 kg
MODELO	: R21PE30ZH	DIV. DE VERIFICACIÓN ( e )	0.001 kg
TIPO	: ELECTRÓNICA	CÓDIGO DE LA BALANZA	NO INDICA
CLASE	II	CAPACIDAD MÍNIMA	0.05 kg

PESAS UTILIZADAS: CERTIFICADO: LP-608, 609-2017 / SGM-A-1486, 1487-2017

CALIBRACIÓN EFECTUADA SEGÚN: NMP-003-2009 y Procedimiento de Calibración de Balanzas de funcionamiento No Automático PC-001/Indecopi

#### INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temp °C	Inicial	Final	H. R. %	Inicial	Final
	24.0	24.0		73	73

Medición Nº	Carga L1 = 15.000 kg			Carga L2 = 30.000 kg		
	l ( kg )	ΔL ( kg )	E ( kg )	l ( kg )	ΔL ( kg )	E ( kg )
1	15.000	0.0009	-0.0004	30.000	0.0009	-0.0004
2	15.000	0.0009	-0.0004	30.000	0.0009	-0.0004
3	15.000	0.0009	-0.0004	30.000	0.0009	-0.0004
4	15.000	0.0009	-0.0004	30.000	0.0009	-0.0004
5	15.000	0.0009	-0.0004	30.000	0.0009	-0.0004
6	15.000	0.0009	-0.0004	30.000	0.0009	-0.0004
7	15.000	0.0009	-0.0004	30.000	0.0009	-0.0004
8	15.000	0.0009	-0.0004	30.000	0.0009	-0.0004
9	15.000	0.0009	-0.0004	30.000	0.0009	-0.0004
10	15.000	0.0009	-0.0004	30.000	0.0009	-0.0004

$E = l + \frac{1}{2}d - \Delta L - L$

Carga ( kg )	Diferencia Máxima ( kg )	E.M.P. ( kg )
15.00	0.0000	0.002
30.00	0.0000	0.003

#### OBSERVACIONES:

- Este informe de calibración NO podrá ser reproducido parcial o totalmente sin la autorización de PYS EQUIPOS E.I.R.L.
- El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos de medición. Se recomienda realizar la calibración en intervalos de 06 meses dependiendo del uso y movilización de la misma

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31  
 ☎ Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989  
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe  
 Web Page: www.pys.pe





### LABORATORIO DE METROLOGIA

#### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2 pág. de 2

Posición de las Cargas

2	5
1	
3	4

	Inicial	Final
Temp. °C	24.0	24.0

	Inicial	Final	Final
H.R. (%)	73	73	73

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec					E. M. P. ± (kg)
	Carga Mínima*	I (kg)	ΔL (kg)	Eo (kg)	Carga L (kg)	I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	Ec (kg)	
1	0.010	0.010	0.0008	-0.0003	10.000	10.000	0.0010	-0.0005	-0.0002	0.002
2		0.010	0.0008	-0.0003		10.000	0.0010	-0.0005	-0.0002	0.002
3		0.010	0.0008	-0.0003		10.000	0.0010	-0.0005	-0.0002	0.002
4		0.010	0.0008	-0.0003		10.000	0.0010	-0.0005	-0.0002	0.002
5		0.010	0.0008	-0.0003		10.000	0.0010	-0.0005	-0.0002	0.002

\* Valor entre 0 y 10e

$$E = I + \frac{1}{2}d - \Delta L - L$$

$$Ec = E - Eo$$

#### ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temp. °C	24.0	24.0

	Inicial	Final	Final
H.R. (%)	73	73	73

Carga L (kg)	CRECIENTES				DECRECIENTES				E. M. P. ± (kg)
	I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	Ec (kg)	I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	Ec (kg)	
0.01	0.010	0.0007	-0.0002						
3	3.000	0.0007	-0.0002	0.0000	3.000	0.0008	-0.0003	-0.0001	0.001
6	6.000	0.0007	-0.0002	0.0000	6.000	0.0008	-0.0003	-0.0001	0.001
9	9.000	0.0010	-0.0005	-0.0003	9.000	0.0010	-0.0005	-0.0003	0.001
12	12.000	0.0010	-0.0005	-0.0003	12.000	0.0010	-0.0005	-0.0003	0.001
15	15.000	0.0010	-0.0005	-0.0003	15.000	0.0010	-0.0005	-0.0003	0.001
18	18.000	0.0010	-0.0005	-0.0003	18.000	0.0010	-0.0005	-0.0003	0.002
21	21.000	0.0010	-0.0005	-0.0003	21.000	0.0010	-0.0005	-0.0003	0.002
24	24.000	0.0010	-0.0005	-0.0003	24.000	0.0010	-0.0005	-0.0003	0.002
27	27.000	0.0010	-0.0005	-0.0003	27.000	0.0010	-0.0005	-0.0003	0.003
30	30.000	0.0010	-0.0005	-0.0003	30.000	0.0010	-0.0005	-0.0003	0.003

$$E = I + \frac{1}{2}d - \Delta L - L$$

$$Ec = E - Eo$$

OBSERVACIONES: La Incertidumbre de la medición ha sido determinada con un factor de cobertura K = 2, para un nivel de confianza del 95%. Donde I = Indicación de la balanza.

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN:

$$U = 2 \sqrt{0,000418 \text{ kg}^2 + 5,9 \times 10^{-9} \text{ R}^2}$$



Revisado por:  
Jonathan Luicho Espinoza  
Dpto. de Metrología



Calibrado por:  
Amed Castillo Espinoza  
Dpto. de Metrología

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31  
Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989  
E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe  
Web Page: www.pys.pe





### LABORATORIO DE METROLOGIA

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN SM-847-2018

1 pág. de 2

DESTINATARIO : **MASTERESPI SAC**  
 DIRECCION : **Jr. Paracas S/N (barrio Patarcocha Pilcomayo) Junin - Huancayo**  
 FECHA : **08 de febrero del 2018**  
 LUGAR DE CALIBRACIÓN : **Laboratorio PYS EQUIPOS**

INSTRUMENTO DE MEDICION : **BALANZA**

MARCA : <b>OHAUS</b>	CAPACIDAD MÁXIMA	600 g
Nº DE SERIE : <b>8358190110</b>	DIV. DE ESCALA ( d )	0.01 g
MODELO : <b>SE602F</b>	DIV. DE VERIFICACIÓN ( e )	0.01 g
TIPO : <b>ELECTRÓNICA</b>	CAPACIDAD MÍNIMA	0.2 g
CLASE : <b>II</b>		

PESAS UTILIZADAS: **CERTIFICADO: LP-608, 609-2017**

CALBRACIÓN EFECTUADA SEGÚN: NMP-003-96 y Procedimiento de Calibración de Balanzas de funcionamiento No Automático PC-011

#### INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temp °C	Inicial	Final	H. R. %	Inicial	Final
	24.0	24.0		73	73

Medición Nº	Carga L1 = 300.00 g			Carga L2 = 600.00 g		
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)
1	300.00	0.007	-0.002	600.00	0.008	-0.003
2	300.00	0.007	-0.002	600.00	0.008	-0.003
3	300.00	0.007	-0.002	600.00	0.008	-0.003
4	300.00	0.007	-0.002	600.00	0.008	-0.003
5	300.00	0.007	-0.002	600.00	0.008	-0.003
6	300.00	0.007	-0.002	600.00	0.008	-0.003
7	300.00	0.007	-0.002	600.00	0.008	-0.003
8	300.00	0.007	-0.002	600.00	0.008	-0.003
9	300.00	0.007	-0.002	600.00	0.008	-0.003
10	300.00	0.007	-0.002	600.00	0.008	-0.003

$E = l + \frac{1}{2}e - \Delta L - L$

Carga ( g )	Diferencia Máxima ( g )	E.M.P. ( g )
300.00	0.000	0.03
600.00	0.000	0.03

#### OBSERVACIONES:

- Este informe de calibración NO podrá ser reproducido parcial o totalmente sin la autorización de PyS EQUIPOS E.I.R.L.
- El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos de medición. Se recomienda realizar la calibración en intervalos de 06 meses dependiendo del uso y movilización de la misma.

Calle 4, Mz F-1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 91  
 Tel.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989  
 E-mail: [ventas@pys.pe](mailto:ventas@pys.pe) / [metrologia@pys.pe](mailto:metrologia@pys.pe)  
 Web Page: [www.pys.pe](http://www.pys.pe)





### LABORATORIO DE METROLOGIA

#### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de las Cargas

2	5
1	
3	4

Temp. °C	Inicial	Final
	24.0	24.0

2 pág. de 2

H.R. (%)	Inicial	Final
	73	73

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec					E. M. P. ± (g)
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	0.10	0.10	0.005	0.000	200.00	200.01	0.007	0.008	0.008	0.02
2		0.10	0.005	0.000		200.00	0.007	-0.002	-0.002	0.02
3		0.10	0.005	0.000		200.00	0.007	-0.002	-0.002	0.02
4		0.10	0.005	0.000		200.00	0.007	-0.002	-0.002	0.02
5		0.10	0.005	0.000		200.00	0.007	-0.002	-0.002	0.02

\* Valor entre 0 y 10e

$$E = I + \frac{1}{2}e - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_o$$

#### ENSAYO DE PESAJE

Temp. °C	Inicial	Final
	24.0	24.0

H.R. (%)	Inicial	Final
	73	73

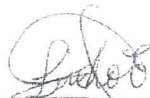
Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				E. M. P. ± (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
0.10	0.10	0.005	0.000						
60.00	60.00	0.005	0.000	0.000	60.00	0.005	0.000	0.000	0.01
120.00	120.00	0.006	-0.001	-0.001	120.00	0.006	-0.001	-0.001	0.01
180.00	180.00	0.006	-0.001	-0.001	180.00	0.006	-0.001	-0.001	0.01
240.00	240.00	0.007	-0.002	-0.002	240.00	0.007	-0.002	-0.002	0.02
300.00	300.00	0.007	-0.002	-0.002	300.00	0.007	-0.002	-0.002	0.02
360.00	360.00	0.007	-0.002	-0.002	360.00	0.007	-0.002	-0.002	0.02
420.00	420.00	0.007	-0.002	-0.002	420.00	0.007	-0.002	-0.002	0.03
480.00	480.00	0.008	-0.003	-0.003	480.00	0.008	-0.003	-0.003	0.03
540.00	540.00	0.008	-0.003	-0.003	540.00	0.008	-0.003	-0.003	0.03
600.00	600.00	0.008	-0.003	-0.003	600.01	0.008	0.007	0.007	0.03

$$E = I + \frac{1}{2}e - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_o$$

OBSERVACIONES: La Incertidumbre de la medición ha sido determinada con un factor de cobertura K = 2, para un nivel de confianza del 95%. Donde I = Indicación de la balanza.

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN:  $U = 6 \text{ mg} + (1,3 \times 10^{-6})I$



Revisado por:  
Jonathan Luicho Espinoza  
Dpto. de Metrología



Calibrado por:  
Amed Castillo Espinoza  
Dpto. de Metrología

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31  
 ☎ Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989  
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe  
 Web Page: www.pys.pe



## **4.PRESUPUESTO CON LAS DIFERENTES DOSIFICACIONES**

## **75 % VINAZA + 25% AGUA**

### **CANTIDAD DE VINAZA PARA 1 m2**

Contenido de humedad: 16.90 %

Optimo contenido de humedad: 18.50%

Cantidad de agua que se necesita: 1.6%

### **Peso para 1m2 de suelo:**

$1.741 \text{ gr/cm}^3 = 1741 \text{ kg/m}^3$

$1 \text{ m}^2 \text{ de suelo} = 0.15 \text{ m}^3$

$\text{Peso} = 261.15 \text{ kg}$

### **Agua que se necesita:**

$1.6\% \text{ de } 261.15 \text{ kg} = 4.18$

Si dosificación es 75% de vinaza +25% de agua

$75\% \text{ de vinaza} = 4.18 \times 0.75 = 3.14 \text{ litros}$

0.83 galones por metro cuadrado

5.53 galones por metro cubico

## 75 % VINAZA + 25% AGUA

Página :1								
Análisis de precios unitarios								
Partida	<b>01.01</b>	<b>ESTABILIZACION DE SUB RASANTE CON ADICION DE VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR E=15cm</b>						
Rendimiento	<b>m2/DIA</b>	MO.1100	EQ.	<b>1,100</b>	Costo unitario por : m2		<b>7.31</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
	<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0073	19.53	0.14	
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0073	16.05	0.12	
0101010005	PEON		hh	6.0000	0.0436	14.44	0.63	
	<b>0.89</b>							
	<b>Materiales</b>							
0201010022	VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR		gal		0.8300	0.92	0.76	
0290130021	AGUA		m3		0.0300	9.60	0.29	
	<b>1.05</b>							
	<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.89	0.03	
03011000040001	RODILLO NEUMATICO AUTOPREPULSADO 5.5 - 20 ton		hm	1.0000	0.0073	183.17	1.34	
03011000060002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7- 9 ton		hm	1.0000	0.0073	183.17	1.34	
0301200001	MOTONIVELADORA		hm	1.0000	0.0073	192.50	1.41	
0301220005	CAMION CISTERNA		hm	1.0000	0.0073	170.83	1.25	
	<b>5.37</b>							

## **50 % VINAZA + 50% AGUA**

### **CANTIDAD DE VINAZA PARA 1 m<sup>2</sup>**

Contenido de humedad: 16.90 %

Optimo contenido de humedad: 18.00%

Cantidad de agua que se necesita: 1.1%

### **Peso para 1m<sup>2</sup> de suelo:**

1.741 gr/cm<sup>3</sup> = 1741kg/m<sup>3</sup>

1m<sup>2</sup> de suelo = 0.15 m<sup>3</sup>

Peso=261.15 kg

### **Agua que se necesita:**

1.1% de 261.15 kg=2.87

Si dosificación es 50% de vinaza +50% de agua

75% de vinaza =2.87x 0.50 =0.38 litros

0.38 galones por metro cuadrado

2.53 galones por metro cubico

## 50 % VINAZA + 50% AGUA

Página :1								
Análisis de precios unitarios								
Partida	<b>01.01</b>	<b>ESTABILIZACION DE SUB RASANTE CON ADICION DE VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR E=15cm</b>						
Rendimiento	<b>m2/DIA</b>	MO.1100	EQ.	<b>1,100</b>	Costo unitario por : m2		<b>6.90</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
<b>Mano de Obra</b>								
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0073	19.53	0.14	
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0073	16.05	0.12	
0101010005	PEON		hh	6.0000	0.0436	14.44	0.63	
							<b>0.89</b>	
<b>Materiales</b>								
0201010022	VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR		gal		0.3800	0.92	0.35	
0290130021	AGUA		m3		0.0300	9.60	0.29	
							<b>0.64</b>	
<b>Equipos</b>								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.89	0.03	
03011000040001	RODILLO NEUMATICO AUTOPREPULSADO 5.5 - 20 ton		hm	1.0000	0.0073	183.17	1.34	
03011000060002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7- 9 ton		hm	1.0000	0.0073	183.17	1.34	
0301200001	MOTONIVELADORA		hm	1.0000	0.0073	192.50	1.41	
0301220005	CAMION CISTERNA		hm	1.0000	0.0073	170.83	1.25	
							<b>5.37</b>	

## **25 % VINAZA + 75% AGUA**

### **CANTIDAD DE VINAZA PARA 1 m2**

Contenido de humedad: 16.90 %

Optimo contenido de humedad: 17.50%

Cantidad de agua que se necesita: 0.6%

### **Peso para 1m2 de suelo:**

$1.741 \text{ gr/cm}^3 = 1741 \text{ kg/m}^3$

$1 \text{ m}^2 \text{ de suelo} = 0.15 \text{ m}^3$

$\text{Peso} = 261.15 \text{ kg}$

### **Agua que se necesita:**

$0.6\% \text{ de } 261.15 \text{ kg} = 1.57$

Si dosificación es 25% de vinaza +75% de agua

$75\% \text{ de vinaza} = 1.57 \times 0.25 = 0.11 \text{ litros}$

0.11 galones por metro cuadrado

0.73 galones por metro cubico



## 25 % VINAZA + 75% AGUA

Página :1								
Análisis de precios unitarios								
Partida	<b>01.01</b>	<b>ESTABILIZACION DE SUB RASANTE CON ADICION DE VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR E=15cm</b>						
Rendimiento	<b>m2/DIA</b>	MO.1100	EQ.	<b>1,100</b>	Costo unitario por : m2		<b>6.65</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>	
<b>Mano de Obra</b>								
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0073	19.53	0.14	
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0073	16.05	0.12	
0101010005	PEON		hh	6.0000	0.0436	14.44	0.63	
							<b>0.89</b>	
<b>Materiales</b>								
0201010022	VINAZA DE CAÑA DE AZUCAR		gal		0.1100	0.92	0.10	
0290130021	AGUA		m3		0.0300	9.60	0.29	
							<b>0.39</b>	
<b>Equipos</b>								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.89	0.03	
03011000040001	RODILLO NEUMATICO AUTOPREPULSADO 5.5 - 20 ton		hm	1.0000	0.0073	183.17	1.34	
03011000060002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7- 9 ton		hm	1.0000	0.0073	183.17	1.34	
0301200001	MOTONIVELADORA		hm	1.0000	0.0073	192.50	1.41	
0301220005	CAMION CISTERNA		hm	1.0000	0.0073	170.83	1.25	
							<b>5.37</b>	