

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



---

**“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL  
MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CÁCERES DEL PERÚ – TARA  
DISTRITO DE CÁCERES DEL PERÚ – SANTA – ÁNCASH – 2017”**

---

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

**TESISTAS:**

BACH. MORENO VARAS, EDSON ANDREE  
BACH. RODRIGUEZ IPARRAGUIRRE, SEGUNDO

**ASESOR:**

Ms. Ing. LÓPEZ CARRANZA, ATILIO RUBÉN

**NUEVO CHIMBOTE- PERÚ**

**2019**

## HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR



El presente trabajo de tesis titulado: **“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CÁCERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CÁCERES DEL PERÚ – SANTA – ÁNCASH – 2017”**. Ha contado con el asesoramiento de quien deja constancia de su aprobación, según TRANSCRIPCIÓN DE RESOLUCIÓN N° 255 – 2017 – UNS – CFI. Por tal motivo, firmo el presente trabajo en calidad de Asesor.

---

**Ms. Ing. LOPÉZ CARRANZA, ATILIO RUBÉN**  
**ASESOR**

**HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

***“Estabilización de suelos para atenuar efectos de plasticidad del material de sub rasante de la carretera Cáceres del Perú – Tara distrito de Cáceres del Perú – Santa – Áncash – 2017”***

**TESISTAS:**

**Bach. MORENO VARAS, EDSON ANDREE**

**Bach. RODRIGUEZ IPARRAGUIRRE, SEGUNDO**

**Revisado y Aprobado el día cinco de Julio del año dos mil diecinueve por el siguiente Jurado  
Evaluador, designado mediante Resolución N° 205 – 2019 – UNS – CFI:**

---

Ms. Ing. Felipe Villavicencio González

PRESIDENTE

---

Ms. Ing. Jenisse Fernández Mantilla

SECRETARIA

---

Ms. Ing. Rubén Atilio López Carranza.

INTEGRANTE



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE**  
**INGENIERÍA CIVIL**

**ACTA DE INSTALACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS**

A los cinco días del mes de julio del año dos mil diecinueve, siendo las diez horas del día, en el Pabellón de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Campus Universitario de la Universidad Nacional del Santa, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 205-2019-UNS-CFI, integrado por los docentes Ms. Felipe Villavicencio González (Presidente), Ms. María Jesús Estela Díaz Hernández (Secretaria), Ms. Atilio Rubén López Carranza (Integrante) y Mg. Jenisse Fernández Mantilla (Accesitario) y en base a la Resolución Decanal N° 362-2019-UNS-FI, se da inicio a la sustentación de la Tesis titulada: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB-RASANTE DE LA CARRETERA CÁCERES DEL PERÚ-TARA DISTRITO DE CÁCERES DEL PERÚ-SANTA-ANCASH-2017" presentado por los Bachilleres: MORENO VARAS EDSON ANDREE y RODRIGUEZ IPARRAGUIRRE SEGUNDO, quienes fueron asesorados por el Ms. Atilio Rubén López Carranza, según Resolución Decanal N° 255-2017-UNS-FI.

Siendo las diez horas del mismo día, se da por iniciado el acto de sustentación, asumiendo el docente Accesitario Mg. Jenisse Fernández Mantilla en reemplazo del docente titular Ms. María Jesús Estela Díaz Hernández, firmando la presente Acta en señal de conformidad.

  
Ms. Felipe Villavicencio González  
Presidente

  
Ms. Jenisse Fernández Mantilla  
Secretaria

  
Ms. Atilio Rubén López Carranza  
Integrante

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
Rectorado: Av. Pacífico N° 508 - Urb. Buenos Aires  
Campus Universitario: Av. Universitaria s/n - Urb. Bolkona  
Central telefónica: (51)-43-310445 - Nuevo Chimplote - Ancash - Perú

[www.uns.edu.pe](http://www.uns.edu.pe)





**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA CIVIL

**ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS**


Siendo las diez horas del día cinco de julio del año dos mil diecinueve, en el Pabellón de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil del Campus Universitario de la Universidad Nacional del Santa, El Jurado Evaluador integrado por los docentes Ms. Felipe Villavicencio González (Presidente), Mg. Jenisse Fernández Mantilla (Secretaria) y Ms. Atilio Rubén López Carranza (Integrante), en cumplimiento a la Resolución N° 205-2019-UNS-CFI y Resolución Decanal N° 362-2019-UNS-FI, dan inicio a la sustentación de la Tesis titulada: **"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CÁCERES DEL PERÚ-TARA DISTRITO DE CÁCERES DEL PERÚ-SANTA-ANCASH-2017"** presentado por los Bachilleres: MORENO VARAS EDSON ANDREE y RODRIGUEZ IPARRAGUIRRE SEGUNDO, quienes fueron asesorados por el Ms. Atilio Rubén López Carranza, según Resolución Decanal N° 255-2017-UNS-FI.


El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
MORENO VARAS EDSON ANDREE	16	BUENO

Siendo las once horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente Acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 05 de julio 2019

  
Ms. Felipe Villavicencio González  
Presidente

  
Mg. Jenisse Fernández Mantilla  
Secretaria

  
Ms. Atilio Rubén López Carranza  
Integrante



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA CIVIL

**ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS**

Siendo las diez horas del día cinco de julio del año dos mil diecinueve, en el Pabellón de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil del Campus Universitario de la Universidad Nacional del Santa, El Jurado Evaluador integrado por los docentes Ms. Felipe Villavicencio González (Presidente), Mg. Jenisse Fernández Mantilla (Secretaria) y Ms. Atilio Rubén López Carranza (Integrante), en cumplimiento a la Resolución N° 205-2019-UNS-CFI y Resolución Decanal N° 362-2019-UNS-FI, dan inicio a la sustentación de la Tesis titulada: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CÁCERES DEL PERÚ-TARA DISTRITO DE CÁCERES DEL PERÚ-SANTA-ANCASH-2017" presentado por los Bachilleres: MORENO VARAS EDSON ANDRÉE y RODRIGUEZ IPARRAGUIRRE SEGUNDO, quienes fueron asesorados por el Ms. Atilio Rubén López Carranza, según Resolución Decanal N° 255-2017-UNS-FI

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

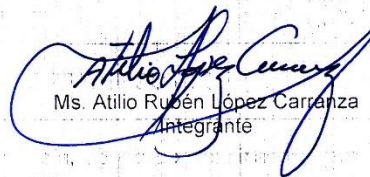
BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
RODRIGUEZ IPARRAGUIRRE SEGUNDO	16	BUENO

Siendo las once horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente Acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 05 de julio 2019

  
Ms. Felipe Villavicencio González  
Presidente

  
Mg. Jenisse Fernández Mantilla  
Secretaria

  
Ms. Atilio Rubén López Carranza  
Integrante

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
Rectorado: Av. Pacífico N° 508 – Urb. Buena Aires  
Campus Universitario: Av. Universitaria s/n – Urb. Bellavista  
Central telefónica: (51)-43-310445 - Nuevo Chimbote – Ancash – Perú

[www.uns.edu.pe](http://www.uns.edu.pe)

## DEDICATORIA

A mis padres Vicente Moreno Quezada y Sofía Victoria Varas Bulnes por su amor, por su paciencia, por su esfuerzo y compromiso con mi desarrollo profesional y sobretodo personal. Por nunca dejar de creer, confiar en mí y enseñarme los valores fundamentales para la vida y a nunca desistir y aprender de mis errores.

A mis hermanos por la confianza, por sus enseñanzas y todas las lecciones de vida como académicas aprendidas.

A mi compañero de tesis y su familia por la perseverancia, dedicación y apoyo en esta etapa universitaria.

*Moreno Varas Edson Andree*

A mis padres Segundo Rodríguez Vásquez y Julia Ricardina Yparraguirre Ravelo por estar pendiente siempre de mi desarrollo profesional y personal, brindándome en todo momento la fortaleza necesaria para cumplir con mis ideales y metas.

A mis hermanos Manuel, Rosa, María, Hilario, Abel, Carlos y Adolfo por brindarme su apoyo incondicional en cada situación difícil que se me presentaba a lo largo de mi formación profesional y personal, dándome las fuerzas para seguir adelante en cada momento y no permitir que desmaye en las adversidades.

A mis dos tesoros, mis hijas: ANAÍ FERNANDA y CAROL GISEL, por ser un motivo de superación desde mi etapa universitaria hasta el desarrollo de mi trabajo de investigación, logrando así ser un ejemplo para ellas en su futura etapa profesional.

*Rodríguez Iparraguirre Segundo*

## AGRADECIMIENTO

A todos que contribuyeron con la realización de este proyecto de tesis; a los docentes, a mis compañeros, a los técnicos del laboratorio, así como a mi compañero de tesis y su familia. Y mi asesor por todo el apoyo y confianza en este proyecto.

A mi alma mater la Universidad Nacional del Santa y a la E.P. de Ingeniería Civil; por brindarme todo lo necesario para lograr mis metas y anhelos como ser un Ingeniero Civil.

A mis padres, hermanos, amigos, compañeros de trabajo y a esa persona especial. Para todos los que creyeron en su momento en mí.

*Moreno Varas Edson Andree*

A mi asesor de tesis Ms. Ing. Atilio Rubén López Carranza, por brindarme sus orientaciones en cada inquietud que se presentaba a lo largo de este trabajo de investigación.

Al Ms. Ing. Julio Rivasplata Díaz, por apoyarnos incondicionalmente con el acceso a los equipos del laboratorio de mecánica de suelos y por brindarnos la confianza necesaria para realizar este trabajo dentro del centro de investigación.

A la plana docente de la escuela de ingeniería civil de la Universidad Nacional del Santa, por formarnos de valores y conocimiento teórico el cual fue fundamental para desarrollar este trabajo de investigación.

***Rodríguez Iparraguirre Segundo***



## ÍNDICE

Contenido	Pág.
<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	ix
<b>RESUMEN</b> .....	xvi
<b>ABSTRACT</b> .....	xvii
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b> .....	20
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	21
1.1. ANTECEDENTES .....	21
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	23
1.3. OBJETIVOS .....	24
1.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	25
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	25
1.6. LIMITACIONES DEL TRABAJO .....	26
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	27
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	28
2.1. EL SUELO .....	28
2.2. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	44
<b>CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	52
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	53
3.1. MÉTODOS .....	53
3.1.1. OBJETO DE ESTUDIO .....	53
3.1.2. VARIABLES .....	53
3.1.3. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	54
3.1.4. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	54
3.1.5. POBLACIÓN .....	54
3.1.6. MUESTRA.....	54
3.1.7. UNIDAD DE ANÁLISIS .....	55
3.2. MATERIALES .....	61
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	70
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	71
4.1. RESULTADOS .....	71
4.2. DISCUSIÓN.....	99
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	102

<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>103</b>
<b>5.1. CONCLUSIONES .....</b>	<b>103</b>
<b>5.2. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>105</b>
<b>CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>106</b>
<b>CAPITULO VII: ANEXOS .....</b>	<b>110</b>
<b>ANEXOS 01: ENSAYOS DE LABORATORIO.....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXO 02: PANEL FOTOGRAFICO .....</b>	<b>164</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación composicional de un suelo (Bañón L. y Beviá J., 2000).....	29
Figura 2. Curva granulométrica de un suelo (Bañón L. y Beviá J., 2000).....	33
Figura 3. Interpretación de curva granulométrica de los principales tipos de suelos (Bañón L. y Beviá J., 2000).....	35
Figura 4. Distintos estados de consistencia de un suelo (Bañón L. y Beviá J., 2000).....	36
Figura 5. Cuchara de Casagrande y acanalador para suelo cohesivo (Bañón L. y Beviá J., 2000).....	37
Figura 6. Probeta para hallar el equivalente de arena (Bañón L. y Beviá J., 2000).....	39
Figura 7. Curva característica de la humedad (%) y densidad seca ( $T/m^3$ ) (Bañón L. y Beviá J., 2000).....	41
Figura 8. Influencia de la energía de compactación en la humedad óptima del suelo (%) (Bañón L. y Beviá J., 2000).....	41
Figura 9. Materiales y equipos utilizados en el ensayo de Proctor (Bañón L. y Beviá J., 2000).....	43
Figura 10. Curva granulométrica de la muestra patrón de la calicata C - O1 .....	71
Figura 11. Variación de la máxima densidad de acuerdo a las dosificaciones de cal.....	79
Figura 12. Variación de la máxima densidad de acuerdo a las dosificaciones de Bagazo de Caña de Azúcar (C.C.A).....	83
Figura 13. Variación de la máxima densidad de acuerdo a las dosificaciones de Bagazo de Caña de Azúcar (B.C.A).....	87
Figura 14. Variación de la Relación de Soporte de California en la estabilización del suelo mediante dosificaciones de 1.5%, 2.5% y 3.5%. .....	89
Figura 15. Comportamiento del límite líquido mediante las dosificaciones de cal .....	94
Figura 16. Comportamiento del límite plástico mediante las dosificaciones de cal .....	94
Figura 17. Análisis del índice de plasticidad mediante las dosificaciones de cal.....	95
Figura 18. Análisis del comportamiento de la Máxima Densidad Seca mediante la dosificación de cal.....	96
Figura 19. Análisis del comportamiento del Óptimo contenido de humedad mediante las dosificaciones de cal.....	97
Figura 20. Análisis del comportamiento del Relación Soporte de California (C.B.R), mediante las dosificaciones de cal.....	97

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación granulométrica de los suelos .....	33
Tabla 2. Valores típicos de la consistencia de un suelo .....	38
Tabla 3. Rangos de equivalente de arena para distintos tipos de suelos .....	39
Tabla 4. Índice hidráulico de la cal .....	46
Tabla 5. Composición química de la cal aérea .....	47
Tabla 6. Composición química de la cal hidráulica.....	48
Tabla 7. Parámetros físicos de la ceniza volátil del bagazo de caña de azúcar.....	49
Tabla 8. Propiedades químicas de la cascarilla de arroz .....	50
Tabla 9. Propiedades químicas de la ceniza volátil de cascarilla de arroz .....	50
Tabla 10. Distancia y tiempo de recorrido del tramo de la carretera de Cáceres del Perú – Tara distrito de Cáceres del Perú – Santa Áncash, para el estudio. ....	57
Tabla 11. Excavación manual a cielo abierto (calicatas) del tramo de la carretera de Cáceres del Perú – Tara distrito de Cáceres del Perú – Santa Áncash, para su respectivo estudio.....	58
Tabla 12. Ensayo de características físicas para la muestra (calicatas) del tramo de la carretera de Cáceres del Perú – Tara distrito de Cáceres del Perú – Santa Áncash. ....	59
Tabla 13. Ensayo de características mecánicas para la muestra de suelo natural.....	59
Tabla 14. Análisis de los límites de consistencia a las muestras extraídas de las 4 calicatas del suelo a estudiar .....	72
Tabla 15. Contenido de humedad de las muestras extraídas de las 4 calicatas del suelo a estudiar.....	73
Tabla 16. Análisis del ensayo de compactación (Proctor Modificado) a las muestras extraídas de las 4 calicatas del suelo a estudiar.....	73
Tabla 17. Análisis del ensayo C.B.R a las muestras extraídas de las 4 calicatas del suelo a estudiar. ....	74
Tabla 18. Composición de mezcla de suelo extraído y cal para evaluar la estabilización de la muestra. ....	76
Tabla 19. Análisis granulométrico de la composición de cal y suelo a través de los diferentes ensayos .....	76
Tabla 20. Análisis de los límites de consistencia de la composición de cal y suelo a través de los diferentes ensayos.....	77
Tabla 21. Análisis del contenido de humedad de la composición de cal y suelo a través de los diferentes ensayos.....	78
Tabla 22. Clasificación del suelo de la composición de cal y suelo a través de los diferentes ensayos. ....	78
Tabla 23. Proctor Modificado para obtener la variación de la máxima densidad seca según las dosificaciones de cal.....	78
Tabla 24. Relación de soporte de california para la evaluación de la máxima densidad seca del suelo mediante la estabilización con cal. ....	79
Tabla 25. Composición de mezcla de suelo extraído y cenizas volátiles de cascarillas de arroz para evaluar la estabilización de la muestra. ....	80
Tabla 26. Análisis de los límites de consistencia de la composición de C.C.A y suelo a través de los diferentes ensayos.....	81
Tabla 27. Análisis del contenido de humedad de la composición de C.C.A y suelo a través de los diferentes ensayos.....	81
Tabla 28. Clasificación del suelo de la composición de cenizas volátiles de cascarilla de arroz y suelo a través de los diferentes ensayos.....	82
Tabla 29. Proctor Modificado para obtener la variación de la máxima densidad seca según las dosificaciones de cenizas volátiles de cascarilla de arroz. ....	82
Tabla 30. Relación de soporte de california para la evaluación de la máxima densidad seca del suelo mediante la estabilización con C.C.A.....	83

Tabla 31. Composición de mezcla de suelo extraído y cenizas volátiles de cascarillas de arroz para evaluar la estabilización de la muestra. ....	84
Tabla 32. Análisis de los límites de consistencia de la composición de B.C.A y suelo a través de los diferentes ensayos.....	85
Tabla 33. Análisis del contenido de humedad de la composición de B.C.A y suelo a través de los diferentes ensayos.....	85
Tabla 34. Clasificación del suelo de la composición de bagazo de caña de azúcar y suelo a través de los diferentes ensayos. ....	86
Tabla 35. Proctor Modificado para obtener la variación de la máxima densidad seca según las dosificaciones de bagazo de caña de azúcar.....	86
Tabla 36. Relación de soporte de california para la evaluación de la máxima densidad seca del suelo mediante la estabilización con B.C.A.....	87
Tabla 37. Resultados de ensayos del suelo con cal al 0% (Suelo natural).....	90
Tabla 38. Resultados de ensayos del suelo con cal al 1.5%. ....	91
Tabla 39. Resultados de ensayos del suelo con cal al 2.5%. ....	92
Tabla 40. Resultados de ensayos del suelo con cal al 3.5%. ....	93
Tabla 41. Análisis del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los ensayos realizados. ....	93
Tabla 42. Ensayo para la caracterización mecánica mediante Proctor Modificado y C.B.R.....	96

## RESUMEN

El presente trabajo investigación tuvo como finalidad estabilizar el tipo de suelo existente para atenuar efectos de plasticidad del material de sub rasante de la carretera Cáceres del Perú, para lo cual se utilizó los agentes estabilizantes: cal, cenizas volátiles de cascarilla de arroz y bagazo de caña de azúcar en diferentes dosificación (1.5%, 2.5% y 3.5%), el diseño de investigación es explicativa con tipo de estudio aplicada, el objeto de estudio fue la carretera Cáceres del Perú – Tara – distrito de Cáceres del Perú – Santa Ancash, la población fue el tramo de la carreta y la muestra fue la extracción de una muestra de 4 calicatas del suelo de la carretera seleccionada, el muestreo fue no probabilístico por conveniencia, de la caracterización física y mecánica del suelo en su estado natural, se obtuvo tipo de suelo CL: Arcillas limosas inorgánicas, con una máxima densidad seca de 1.694 g/cm<sup>3</sup> y el óptimo contenido de humedad de 16.94%, con un CBR de 3.21%, luego se adiciono los agentes estabilizantes (cal, cenizas volátiles de cascarilla de arroz y bagazo de caña de azúcar) donde se obtuvo a la cal como mejor agente estabilizante con una máxima densidad seca de 1.61 g/cm<sup>3</sup> y un CBR de 11.40%, llegando a la conclusión que al agregar 2.5% de cal a la muestra se disminuye el Índice de Plasticidad en 60.81%, ya que el Índice de Plasticidad de la muestra en su estado natural fue de 29.98% y al agregar el estabilizante (2.5% cal) se redujo a 11.75%.

**Palabras Clave:** Estabilización, suelos, índice de plasticidad, relación de soporte, cal, subrasante.



## ABSTRACT

The objective of this research was to stabilize the existing soil type to attenuate plasticity effects of the subgrade material of the Cáceres highway in Peru, for which the stabilizing agents were used: lime, volatile ashes of rice husk and bagasse. sugarcane in different dosage (1.5%, 2.5% and 3.5%), the research design is explanatory with type of study applied, the object of study was the road Cáceres del Perú - Tara - Cáceres district of Peru - Santa Ancash , the population was the section of the cart and the sample was the extraction of a sample of 4 soil pits from the selected road, the sampling was not probabilistic for convenience, of the physical and mechanical characterization of the soil in its natural state, obtained soil type CL: Inorganic silty clays, with a maximum dry density of 1,694 g / cm<sup>3</sup> and the optimum moisture content of 16.94%, with a CBR of 3.21%, then adding the stabilizing agents (lime, volatile ashes of rice husk and bagasse of sugar cane) where lime was obtained as the best stabilizing agent with a maximum dry density of 1.61 g / cm<sup>3</sup> and a CBR of 11.40 %, reaching the conclusion that adding 2.5% of lime to the sample decreases the Plasticity Index by 60.81%, since the Plasticity Index of the sample in its natural state was 29.98% and when adding the stabilizer (2.5 % cal) was reduced to 11.75%

**Keywords:** Stabilization, soils, plasticity index, support ratio, lime, subgrade.

## INTRODUCCIÓN

En el Perú cuando se desea ejecutar proyectos viales que ayuden al transporte de carga o mejorar la comunicación vial es muy frecuente que a lo largo del trazado, se encuentren suelos inadecuados para utilizarlos como subrasante debido a que sus propiedades no garantizan una estabilidad para la estructura del pavimento. Para la valoración de esta estabilidad se determina: la expansión, consolidación, límite líquido, límite plástico, índice plástico, CBR, entre otros. Al determinar que los suelos no son adecuados para utilizarlos generalmente son removidos y reemplazados por materiales de mejores características, esto eleva el costo y disminuye la rentabilidad del proyecto y a veces hasta la cancelación definitiva de la construcción de la carretera, con lo cual el pueblo no avanza en su comunicación vial y dificulta el acceso a la comunidad.

En el distrito de Cáceres del Perú, se desconoce si estos suelos arcillosos puedan ser estabilizados para utilizarlos como subrasante para carreteras, si no se realizara este estudio continuará esta incertidumbre. En caso de que estos suelos puedan ser estabilizados y atenuar su plasticidad se los podría utilizar como estructuras de cimentaciones para carreteras, con lo cual se obtendría ventajas técnicas, económicas y ambientales en construcción de carreteras para la zona oriental del país, generando un mayor aprovechamiento del lugar debido al acceso fluido por parte de los transportistas al momento de visitar esta zona agrícola.

El presente trabajo radicó en la selección de agentes estabilizantes, para estabilizar los suelos limo - arcillosos, logrando así brindar una solución factible al problema que se ocasiona en la baja estabilización de suelo del tramo de la carretera en estudio, ofreciendo el mejor agente estabilizante para el tipo de suelo, con sus respectivas dosificaciones (1.5%, 2.5% y 3.5%) que vuelvan al terreno con mayor soporte de carga.

El presente trabajo se dividió en siete capítulos:

*Capítulo I:* Se presenta los aspectos informativos del trabajo de investigación, además el plan de investigación que se llevó a cabo.

*Capítulo II:* Se presenta el marco teórico relacionado a los conceptos básicos de la caracterización física y mecánica de los tipos de suelos, donde se describen los tipos y clases de suelos, propiedades,

límites de consistencia, además se describen los tipos de agentes estabilizantes y su caracterización de cada uno de estos.

*Capítulo III:* Se presenta los materiales y métodos que se llevaron a cabo para el desarrollo del trabajo de investigación, así como el detalle de los métodos que se fueron utilizados para la obtención y el análisis de los datos.

*Capítulo IV:* Se presenta los resultados y discusión obtenidos de los ensayos desarrollados en el laboratorio de mecánica de suelos de la escuela de ingeniería civil de la Universidad Nacional del Santa, así como el análisis de cada resultado obtenido.

*Capítulo V:* Se presenta las conclusiones y recomendaciones para el trabajo de investigación, teniendo en cuenta los datos hallados durante la etapa de desarrollo de los resultados de este trabajo.

*Capítulo VI:* Se presenta las referencias bibliográficas que fueron utilizadas para la recopilación teórica que brinda un soporte para el desarrollo del trabajo.

*Capítulo VII:* Se presenta los anexos, los cuales contienen los ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, y los datos obtenidos durante el análisis característico y mecánico del suelo, así como también el panel fotográfico sobre la etapa del desarrollo del trabajo realizado en el laboratorio.

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. ANTECEDENTES

Bada (2016), en su tesis para obtener el grado de maestro en transportes y conservación vial, la cual tubo por título “Aplicación del Aditivo Químico Conaid para Atenuar la Plasticidad del Material Granular del Tramo de la Carretera Tauca – Bambas (km73 + 514 – km132 + 537) de la Ruta Nacional pe – 3na”. La tesis tuvo como objetivo aplicar el aditivo químico CONAID para atenuar los efectos de plasticidad del material granular del tramo de la carretera Tauca – Bambas (km73 + 514 – km132 + 537) de la ruta nacional PE – 3NA el material a utilizar en el desarrollo del proyecto fue realizar un estudio al material granular utilizando un aditivo químico Conaid para verificar el nivel de mejoramiento de las sub base, del terreno, con el fin de dar el cumplimiento al método experimental. Con los resultados obtenidos se pretende incentivar las posteriores investigaciones de la gran gamma de aditivos químicos que existen en el medio y bajo condiciones determinadas para poder proponer su utilización en el mejoramiento de suelos con alta plasticidad. Se concluyó de los resultados obtenidos en el aumento del valor soporte relativo y de la resistencia. Se confirma una mejoría en los resultados de las pruebas CBR, con un aumento en las pruebas de hasta el 100% en el material con aditivo.

Caamaño (2016), en su trabajo de investigación titulado “Mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resiliente, por parte de su especialización de ingeniería de pavimentos”, en su trabajo de investigación buscó lograr de manera experimental una mejora de las características físicas y de las propiedades geo mecánicas de un suelo blando de subrasante mediante la adición de ceniza de cascarilla de arroz, con el fin de generar una capa de soporte más estable para la conformación de una estructura de pavimento, evaluando su comportamiento a través de ensayos de clasificación y de resistencia como parámetros índices del suelo.

Finalmente, evaluó el posible efecto de la ceniza de cascarilla de arroz en el módulo resiliente mediante la utilización del triaxial cíclico, para conformar estructuras de pavimentos óptimos y económicos que permitan tener mejores eficiencias en los diseños.

Jara (2014), en su trabajo de investigación titulado presentado como requisito para optar por el título profesional de ingeniero civil “Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso” donde explica como la estabilización de una subrasante se va incrementado de acuerdo a la mayor dosificación de cal (0%, 2%, 4% y 6%), que se le agrega al tipo de suelo arcilloso, la investigación es de tipo aplicada con diseño experimental, las técnica fue la observación directa, el autor desarrollo su trabajo a través la caracterización física y la caracterización mecánica de la muestra, obteniendo datos en las diferentes experimentos, donde se inició con el análisis de estado natural (0% Cal) tuvo un C.B.R., de 2.55%, con 2% de dosificación de cal tuvo un C.B.R., de 7.50%, con dosificación de 4% de Cal se obtuvo un C.B.R., de 11.48, y con 6% de dosificación de Cal se obtuvo un C.B.R., de 10.75%. El autor concluyó que la dosificación que logra una atenuación del índice de plasticidad de la subrasante, es la proporción de 4% de Cal, debido a que el C.B.R., en esta proporción tiene el punto más alto, evidenciando que el suelo ya está estabilizado, y en 6% de Cal el suelo empieza a decaer la curva del C.B.R.

Gutiérrez (2010), en su trabajo de investigación para obtener el título profesional de ingeniero civil titulado “Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (Bischofita) frente al cloruro de calcio”, en la cual explica que las sales han sido estudiadas, con fines de estabilización de carreteras, desde hace varias décadas; entre las diversas opciones de sales estudiadas con fines de utilizarlos como aditivo estabilizador tenemos al cloruro de potasio, el cloruro de magnesio, el cloruro de bario, el nitrato de sodio, el carbonato de sodio, el cloruro de calcio, el cloruro de sodio, entre otros; sin embargo y por razones económicas, solo algunas de las sales antes mencionadas han podido ser aplicadas como aditivo en la estabilización de carreteras. De las diversas opciones de estabilización de carreteras usando



sales, en su investigación se analiza las ventajas técnicas, económicas y ambientales que se obtiene de aplicar el cloruro de Magnesio en comparación con el cloruro de Calcio, producto que se intenta introducir para estabilizar carreteras en el Perú frente al empleo del cloruro de calcio, ampliamente conocido en nuestro país.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

En el Perú cuando se desea ejecutar proyectos viales que ayuden al transporte de carga o mejorar la comunicación vial es muy frecuente que a lo largo del trazado, se encuentren suelos inadecuados para utilizarlo como subrasante debido a que sus propiedades no garantizan una estabilidad para la estructura del pavimento. Para la valoración de esta estabilidad se determina: la expansión, consolidación, límite líquido, límite plástico, índice plástico, CBR, resistencia al corte entre otros. Al determinar que los suelos que están en el trazo de la carretera no son adecuados para utilizarlos generalmente son removidos y reemplazados por materiales de mejores características, esto eleva el costo y disminuye la rentabilidad del proyecto y a veces hasta la cancelación definitiva de la construcción de la carretera, con lo cual el pueblo no avanza en su comunicación vial y dificulta el acceso a la comunidad.

El distrito de Cáceres del Perú de la provincia del Santa, Departamento de Áncash, está ubicada en la falda occidental de la cordillera negra, a orillas del río Huanca, afluente del río Nepeña, tiene 15 caseríos donde se ubica el centro poblado de Tara, el cual tiene una altitud de 2436 msnm, con una población de 1560 pobladores, ubicado a 96 km de Chimbote se desconoce si los suelos que se registran en este distrito, puedan ser estabilizados para utilizarlos como subrasantes para carreteras. En caso de que estos suelos se encuentren estables y con su índice de plasticidad atenuado, se puede utilizar como estructuras de cimentaciones para carreteras, con lo cual se obtiene ventajas técnicas, económicas y ambientales en construcción de carreteras para la zona oriental del país, generando un mayor aprovechamiento del lugar debido al acceso fluido por parte de los transportistas al momento de visitar esta zona agrícola.

Ante la problemática mencionada líneas arriba, se tiene como importancia investigar sobre la estabilización de suelos mediante dosificaciones de agentes estabilizantes provenientes de los valles de Santa, San Jacinto y las canteras de cal de la provincia de Huarmey, para así mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo donde se piensa brindar un soporte teórico a la cimentación de una estructura, es por ello que se formula la siguiente interrogante: **¿De qué manera la estabilización de los suelos influye en los efectos de plasticidad del material de sub rasante de la carretera Cáceres del Perú – Tara distrito de Cáceres del Perú – Santa – Ancash?**

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Estabilizar el suelo para atenuar efectos de plasticidad del material de subrasante de la carretera Cáceres del Perú – Tara Distrito de Cáceres del Perú – Santa Ancash - 2017.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de las muestra patrón según la clasificación AASHTO y la norma ASTM.
- Determinar las características físicas y mecánicas del suelo en su estado natural con la adición de cal, cenizas volátiles de cascarilla de arroz y ceniza de bagazo de caña de azúcar con sus diferentes dosificaciones (1.5%, 2.5% y 3.5%), respectivamente.
- Determinar el mejor agente estabilizante que aseguren un aumento de las propiedades físicas y mecánicas del suelo

#### **1.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

La estabilización de los suelos atenúa el efecto de la plasticidad del material subrasante de la carretera Cáceres del Perú –Tara – Distrito de Cáceres del Perú – Santa – Ancash.

#### **1.5. JUSTIFICACIÓN.**

Al desarrollar este trabajo se pretende brindar un soporte teórico para tener una alternativa de solución a los problemas que se pueden originar por suelos inestables. En el aspecto social su importancia de la aplicación de los agentes estabilizantes en la construcción de carreteras porque brinda uno de los principales ejes para el desarrollo y crecimiento de una población y su gente, respetando su cultura y el desarrollo de sus actividades productivas. En el aspecto medio ambiental, se va a reutilizar las cenizas de la quema de caña de azúcar y las cenizas de cascarilla de arroz, con objeto de facilitar e incluso reducir su sensibilidad al agua y aumentar en mayor o menor grado su resistencia y cuidar el medio ambiente con la reducción de estos residuos. En el aspecto tecnológico, se va a utilizar los equipos técnicos del Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional del Santa, para desarrollar alternativas de construcción al momento de realizar las obras de infraestructura del transporte (carreteras, ferrocarriles, puertos, aeropuertos) haciendo uso de la mayor cantidad posible de suelos presentes en la propia obra tanto en los rellenos de terraplenes como en su coronación y fondos de desmonte. En el aspecto económico, la importancia de desarrollar este tipo de investigaciones es determinar soluciones para la estabilización de los suelos y atenuar la plasticidad logrando resolver los problemas con técnicas aplicables, funcionales, que a la vez representan un ahorro en los costos al momento de ejecutar proyectos de construcción de carreteras, debido a que se va a lograr atenuar los efectos de plasticidad mediante la adición de agentes estabilizantes, teniendo un punto óptimo de la proporción

## **1.6. LIMITACIONES DEL TRABAJO**

- La limitación del trabajo de investigación está enmarcada a suelos arcillosos.
- La falta de recursos económicos y materiales para la aplicación del estudio en campo.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. EL SUELO**

#### **2.1.1. DEFINICIÓN**

Bañón y Beviá (2000), define al suelo como “un agregado de partículas minerales las cuales son parcialmente cementadas. Además se puede decir que el suelo es el soporte más bajo o principal de todas las obras de infraestructura, de allí radica su importancia de su estudio y comprensión para conocer su comportamiento ante la perturbación que supone cualquier asentamiento antrópico para el diseño y construcción de una carretera” (p.35).

Para Gutierrez (2010), el suelo “es considerado como todo tipo de material terroso, excluyendo los depósitos sedimentarios, las metamórficas, así como las rocas las cuales están altamente cementados que no se desintegren o ablanden en ningún lapso del tiempo en proceso o por acción de la intemperie” (p.35).

#### **2.1.2. EXTRACCIÓN DE LOS SUELOS**

Para Bañón y Beviá (2000), el origen de los suelos proviene de la alteración físico-química de las rocas más superficiales de la corteza terrestre mediante el proceso de meteorización, todo esto favorece al transporte fluido de los materiales que son alterados y que luego se depositaran para formar alterita y a partir de la cual se formara el suelo por diversos procesos (p.34).

Los suelos se clasifican composicionalmente como se muestra en la Figura. 1, esto se debe a la naturaleza de la roca madre y del tamaño de las partículas que lo componen.



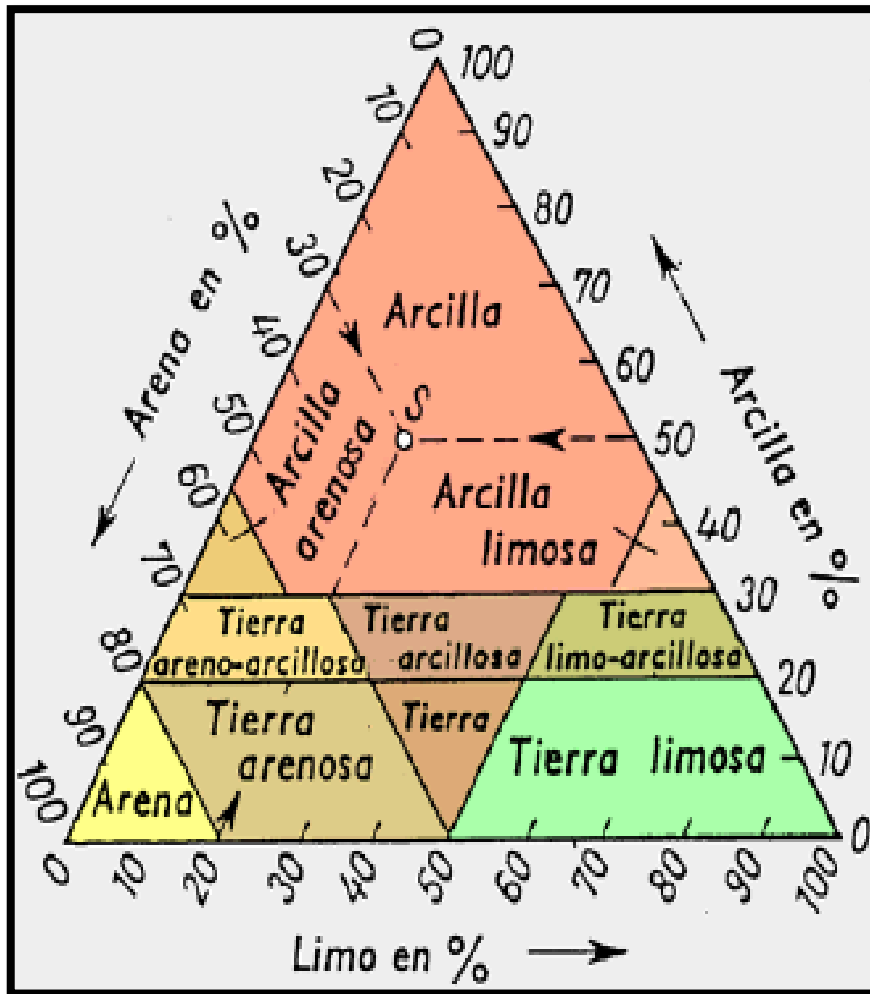


Figura 1. Clasificación composicional de un suelo (Bañón L. y Beviá J., 2000).

Los suelos se clasifican en suelos granulares, suelos cohesivos, suelos orgánicos y rellenos.

Para Berry y Rey (2000), los **suelos granulares** está formado por partículas agregadas y sin cohesión debido al gran tamaño las partículas que lo componen. Se originan debido a procesos de meteorización física; entre sus principales procesos tenemos: lajamiento, termoclastia, hialoclastia los cuales son fenómenos de hidratación física. Este tipo de suelo presenta un tamaño uniforme de sus partículas debido a su origen eólico (p.28).

Para Bernuy y Bueno (2016), los suelos granulares se caracterizan principalmente por su buena capacidad portante y su elevada permeabilidad lo que facilita la rápida evacuación del agua, la cual es proporcional al tamaño de las partículas o la porosidad del suelo causada por presencia de cargas externas, todo esto se relaciona con el grado de humedad, por ello las partículas más finas presentan una cohesión aparente que desaparece al variar el contenido de agua (p.78).

Bañón y Beviá (2000), afirma que en esta clase de suelos se presta importancia a dos grandes grupos, tales como son las gravas y el de las arenas. La diferencia límite entre tales grupos se da por la diferencia entre la granulometría entre distintos tipos, considerándose a la arena la fracción de suelo de tamaño inferior a 2 mm. Dentro de esta clasificación pueden establecerse otras subdivisiones. Las características mecánicas y resistentes de los suelos granulares vienen en buena parte determinadas por el ángulo de rozamiento interno entre partículas, así como por su módulo de compresibilidad (p.56).

**Suelos cohesivos** se caracterizan por tener un tamaño de partículas menores a 0.08 mm de diámetro lo que les confiere unas propiedades de superficie ciertamente importantes. Esto se debe a que la superficie específica lo que se calcula de la relación entre la superficie y el volumen de un cuerpo de dichas partículas es más que considerable. Esto se debe a la principal propiedad desde el punto de vista mecánico, la cual es la cohesión que se define como la fuerza interparticular producida debido al agua presente en la constitución del suelo con la consideración que este no este saturado, su importancia radica en la estabilización de taludes, debido a que incrementa el nivel de resistencia del suelo frente a esfuerzos cortantes o también llamados esfuerzos de cizalla (Bañón L. y Beviá J., 2000).

Bañón y Beviá (2000), afirma que en esta clase de suelos se debe prestar atención a dos grandes grupos los cuales son los limos y las

arcillas. Los limos son de origen físico las cuales están formados por partículas de grano muy fino, en el cual su diámetro varía de 0.02 mm a 0.002 mm. Las arcillas están compuestas por un agregado de partículas microscópicas procedentes de la meteorización química de las rocas, las cuales poseen propiedades plásticas que lo diferencian diametralmente a los limos, además poseen baja permeabilidad al dificultar la transferencia del agua por el reducido tamaño de los poros y su alta compresibilidad (p.65).

Bañón y Beviá (2000), afirma que los **suelos orgánicos** se forman a través del paso del tiempo y por la descomposición de los restos fósiles y materia orgánica y se forma de manera muy superficial sobre el terreno. Se caracterizan por su baja capacidad portante, alto nivel de compresibilidad y una deficiente tolerancia del agua además este tipo de suelo es nefasto para la construcción o ubicación de cualquier infraestructura por lo que se necesita eliminar antes de empezar cualquier obra, en caso no sea posible la eliminación de este suelo orgánico se deben realizar operaciones para estabilizar el suelo ya sea de una forma física o química del área de injerencia del proyecto (p.75).

### **2.1.3. Propiedades de los suelos**

La Asociación Americana de Oficiales de carreteras estatales y Transporte (American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO) para la investigación y estudio de los suelos y rocas a través de muestreo recomienda la aplicación de la norma T 86-90 que es equivalente a la publicada por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials, ASTM D420-69), las cuales se homologan con las normas del ministerio de transportes y comunicaciones (MTC), las cuales son MTC E101, MTC E102, MTC E103 y MTC E104. (RD N°05 – 2013 – MTC/14, 2013)

Para determinar las propiedades de los principales suelos en carreteras se realizan los siguientes ensayos tales como:

Para Castañeda (2017), el análisis granulométrico (AASHTO T 88, ASTM D – 422, MTC EM 204). La finalidad de este tipo de ensayo es para determinar las dimensiones de los diferentes tamaños de grano que existen. Para este tipo de ensayo se utiliza el tamiz, el cual es un instrumento que consta de un marco rígido que sujeta una malla que presentan una abertura o también llamada luz de malla por donde se hace pasar la muestra a analizar. Los tamices empleados están normalizados y entre los principales tamices tenemos a los UNE 7050 española y la ASTM D-2487/69 americana (p.67).

Bañón y Beviá (2000), afirma que para determinar la proporción o fracción fina de suelo ya sean limos y arcillas al no ser posible el tamizado se realiza para ello el método de sedimentación usando el densímetro. Luego se procede a pesar las cantidades que son retenidas en cada uno de los tamices y con dichos resultados se grafica una curva semilogarítmica en el cual se debe presentar el porcentaje en peso de muestra retenida para cada abertura de luz de cada tamiz. En la Figura. 2 se puede observar la curva granulométrica de una muestra de suelo, en las que diferenciamos los distintos tipos de luz de cada malla de tamiz y la cantidad en porcentaje en peso que pasa de suelo (p.80).

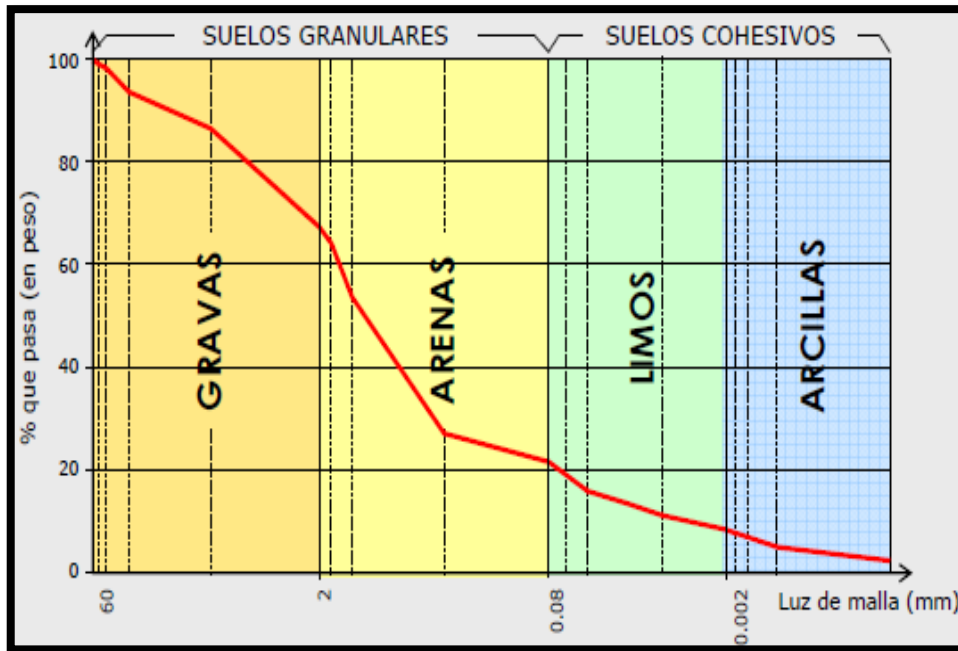


Figura 2. Curva granulométrica de un suelo (Bañón L. y Beviá J., 2000).

También se puede utilizar un rango genérico de los suelos dependiendo a su granulometría, esto se realiza para la aplicación directa del ensayo de granulometría.

Tabla 1. Clasificación granulométrica de los suelos

Tipo	Denominación	Tamaño (mm)
	Bolos y bloques	> 60
Suelos granulares	Grava Gruesa	60 – 20
	Grava Media	20 – 6
	Grava Fina	2 – 6
	Arena Gruesa	0.6 – 2
Suelos cohesivos	Arena Media	0.2 – 0.6
	Arena Fina	0.08 – 0.2
	Limo Grueso	0.02 – 0.08
	Limo Medio	0.006 – 0.02
	Limo Fino	0.002 – 0.006
	Arcilla	< 0.002

Fuente: Bañón L. y Beviá J., 2000.

En las diferentes interpretaciones que podemos obtener acerca del comportamiento de la muestra de suelo, de las cuales se tiene la granulometría discontinua y la granulometría continua, su principal diferencia se encuentra en la graduación y en la retención de la materia que se retiene en cada tamiz. Se debe determinar analíticamente el coeficiente de curvatura, el cual se calcula con la siguiente fórmula: Ecuación (1)

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}, \dots \dots (1)$$

De los términos de la ecuación (1), se tiene que  $D_x$  es la abertura del tamiz o diámetro efectivo expresado en milímetros por el cual pasa el x% en peso del total de la muestra de suelo que se está analizando. Este análisis es importante en carreteras, para estabilizar los suelos y tener una mayor capacidad portante, para ello el suelo debe estar bien graduado para su compactación y así las partículas más finas saturan los huecos que dejan los áridos de mayor tamaño (Bañón L. y Beviá J., 2000).

Para complementar el estudio es muy empleado el indicador de grado de uniformidad de un suelo, el estudioso Hazen lo define como la razón entre las aberturas de tamices por donde pasan el 60% y el 10% del peso total de la muestra de suelo que se va a analizar. En la ecuación (2) se puede observar dicha relación.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}, \dots \dots (2)$$

Este indicador nos indica que cuando el valor es inferior a 2 la muestra de suelo es considerada muy uniforme, y con valores por encima de un valor de 5 nos indica un suelo uniforme. En la Figura. 3 se representan en una sola grafica la comparación de la curva granulométrica de los distintos tipos de suelos que se presentan en las carreteras

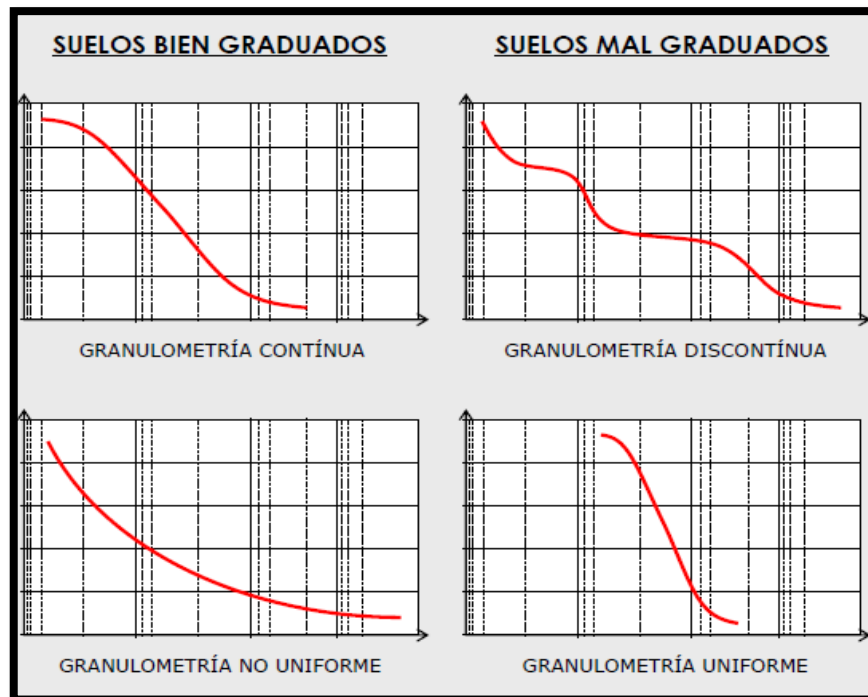


Figura 3. Interpretación de curva granulométrica de los principales tipos de suelos (Bañón L. y Beviá J., 2000).

La curva granulométrica y el comportamiento de cada tipo de suelo están fuertemente influenciado por la presencia del agua ligada que contienen, y dependen también del tamaño de las partículas que presentan en su composición. Para ello es de suma importancia estudiar los diversos estados de consistencia del tipo de suelo, los cuales varía en función a la humedad que presentan los cuales pueden ser:

Bañón y Beviá (2000), define al líquido como la excesiva cantidad de agua cancela las fuerzas de atracción interparticular que mantenían al suelo cohesionado, plástico; es un tipo de suelo fácilmente moldeable y al aplicarlo un esfuerzo ya no vuelve a su estado primitivo, mecánicamente no resiste cargas adicionales; semisólido, este tipo de suelo se rompe al tratar de ser moldeado y se resquebraja antes de cambiar de forma, su comportamiento mecánico es trabajable y sólido, este tipo de suelo es el que alcanza la estabilidad, pues al aumentar la humedad su volumen se mantiene constante, su comportamiento mecanice es el óptimo (p.98).

Para Bañón y Beviá (2000), define a los puntos de transición entre cada uno de los estados de suelo descritos anteriormente se definen los siguientes términos: Límites líquido (LL), límite plástico (LP) y límite de retracción (LR). En la Figura 4 se pueden apreciar los distintos límites de transición entre los diferentes tipos de estado de suelos

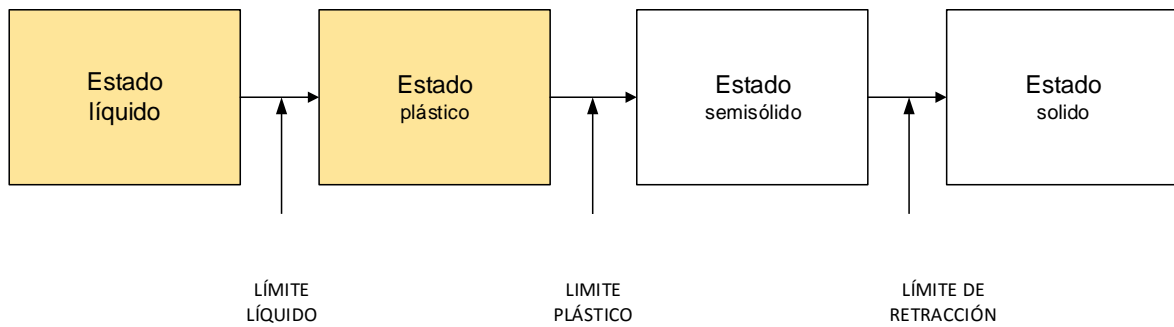


Figura 4. Distintos estados de consistencia de un suelo (Bañón L. y Beviá J., 2000).

Límites de Atterberg (AASHTO T 89, ASTM D – 4318, MTC EM 110/111). Albert Mauritz Atterberg (1846 – 1916) fue quien realizó este tipo de experiencia de laboratorio relaciona el grado de plasticidad de una muestra de suelo con la cantidad de agua o humedad, lo cual se expresa en peso seco del suelo. Además fue quien definió claramente los 4 estados de consistencia de los suelos (líquido, plástico, semisólido y sólido) y estudio los umbrales de los estados líquido (LL) y plástico (LP) pues estos presentaban un alto grado de deformabilidad del suelo y una considerable reducción de su capacidad portante, reduciendo el rango para determinar cuando el tipo de suelo se comporta de manera plástica, en otras palabras determinar su plasticidad

Para Bañón y Beviá (2000), afirma que el límite líquido (LL) se calcula a través del método de la cuchara de Casagrande inventado por el ingeniero civil austriaco Arthur Casagrande (1902 – 1981), en la cual se determina la mínima cantidad de agua que puede contener 100g de suelo convertido en pasta que haya pasado por el tamiz 0.40. La muestra se coloca encima del equipo y se empieza a accionar determinada



cantidad de golpes, con el objetivo de cerrar un surco hecho con un acanalador de 13 mm, el ensayo culmina o se considera adecuadamente valido cuando se dan dos rangos de determinaciones una de 15 golpes y 25 golpes, y el otro rango de 25 golpes y 35 golpes y para la humedad que corresponde al límite líquido (LL) es cuando se dan 25 golpes (Bañón L. y Beviá J., 2000).

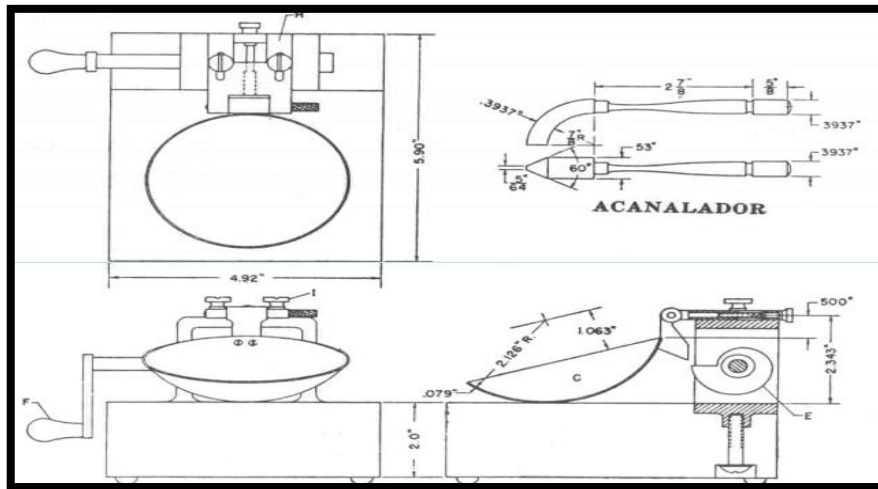


Figura 5. Cuchara de Casagrande y acanalador para suelo cohesivo (Bañón L. y Beviá J., 2000).

Por otro lado el límite plástico (LP) se realiza a través de cilindros de 3 mm de diámetro sin que el suelo se desmorone, de allí se determina la mínima humedad que posee la muestra de suelo analizada, para la cual se pesa 200 g de suelo seco previamente pasado por el tamiz de 0.40. A la diferencia de estos dos límites (líquido y plástico) se le conoce con el nombre de índice de plasticidad (IP), lo cual expresa una idea del grado de plasticidad que presenta la muestra de suelo, se representa por la ecuación (3). En la Tabla 2 podemos observar los distintos rangos de valores que se presentan con frecuencia en distintos tipos de suelos (Bañón L. y Beviá J., 2000).

$$IP = LL - LP, \dots \dots \dots (3)$$

Tabla 2. Valores típicos de la consistencia de un suelo

Parámetro		Tipo de suelo		
Nombre	Símbolo	Arena	Limo	Arcilla
Límite líquido	LL	15 – 20	30 – 40	40 – 150
Límite plástico	LP	15 – 20	20 – 25	25 – 50
Límite de retracción	LR	12 – 18	14 – 25	8 – 35
Índice de plasticidad	IP	0 – 3	10 – 15	10 – 100

Fuente: Bañón L. y Beviá J., 2000.

Equivalente de arena (AASHTO T 186, ASTM D – 2419, MTC EM 114) este tipo de ensayo permite determinar el contenido de finos en un suelo con lo cual da una idea de la plasticidad del suelo en estudio (Bañón L. y Beviá J., 2000).

Este ensayo se empieza haciendo pasar el suelo por el tamiz #4 con el fin de separar la fracción arenosa del suelo, luego se introduce un volumen de 90cc de la misma muestra en una probeta cilíndrica de 32 mm de diámetro y una longitud de 430 mm con graduaciones de 2 mm en 2 mm luego se agregara la disolución química compuesta por cloruro cálcico, glicerina y formaldehido, todos estos compuestos químicos son diluidos en agua destilada, dejando reposar la mezcla durante un tiempo de 10 min. Pasado el tiempo de reposo se agitará todo el conjunto de compuestos en forma normalizada y esto se realizara por 90 ciclos en 30 segundos con un recorrido de 20 cm, con el objetivo de tener una mezcla uniforme y por último se deja reposar por un intervalo de 20 min (Bañón L. y Beviá J., 2000).

Luego de transcurrido el lapso de los 20 minutos se podrá observar a simple vista los 2 horizontes con una interface como división, separando claramente la fracción arenosa y la porción de finos existente en la muestra de suelo. En la ecuación (4) podemos observar la forma analítica de realizar los cálculos de forma cuantitativa y en la Figura 6

podemos observar la probeta en donde se puede diferenciar los distintos tipos de interfaces y en la Tabla 3 se puede observar la interpretación de los resultados de los valores que se obtienen de la ecuación (4) (Bañón L. y Beviá J., 2000).

$$E. A. = \frac{A}{A + B} * 100, \dots \dots \dots (4)$$

Dónde:

A = Lectura sobre la probeta del horizonte de arena.

B = Lectura referente al horizonte de finos.

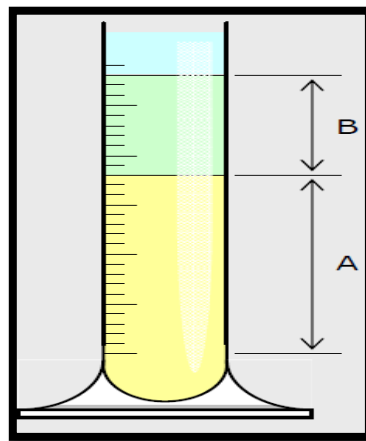


Figura 6. Probeta para hallar el equivalente de arena (Bañón L. y Beviá J., 2000).

Tabla 3. Rangos de equivalente de arena para distintos tipos de suelos

Equivalente de arena (E.A)	Tipo de suelo
> 40	Suelo nada plástico, arena
40 – 20	Suelo poco plástico, finos
< 20	Suelo plástico, arcilloso

Fuente: Bañón L. y Beviá J., 2000.

Un acápite complementario a los análisis mencionados anteriormente es la compacidad del suelo, la cual es una propiedad intrínseca de cada tipo de suelo y es muy importante previa la construcción de una carretera

pues está ligada directamente con la resistencia, deformabilidad y estabilidad de una determinada parte de suelo; también se estudia para los terraplenes y para toda clase de rellenos en el sitio de construcción para que la carretera quede con un suelo lo más compactado posible para evitar asentamientos posteriores a causa de la alta transitividad de los vehículos automotores, pues estos causan variaciones en la rasante y alabeo de la capa de rodadura (Bañón L. y Beviá J., 2000).

Segura (2010), en su investigación afirma que se tiene que estudiar la humedad, pues influye de manera bien ligada en la compactación del suelo y en los costos al momento de su posterior tratamiento, ya que un suelo con baja humedad o seco necesita una elevada energía de compactación, el suelo húmedo necesitara una baja energía de compactación pues el agua actúa como lubricante que trabaja alrededor de los granos de arena y así se reduce la fricción entre ellos, pero si seguimos añadiendo agua o aumentado la humedad se saturara el suelo, el cual ocupara la totalidad de los huecos en el cual aumentara el volumen de la muestra y como el agua es poco compresible será más costoso evacuarlo del suelo, con lo cual su compacidad disminuirá (p.98).

En la Figura 7, podemos observar la humedad optima que se puede tener de acuerdo a la densidad seca del suelo en estudio, además también si hacemos variar la energía de compactación y realizamos ensayos con el mismo suelo podemos observar que la humedad optima varía de acuerdo a la energía de compactación aplicada o que se le haya comunicado a la muestra de suelo, esto se puede apreciar en la Figura 8.

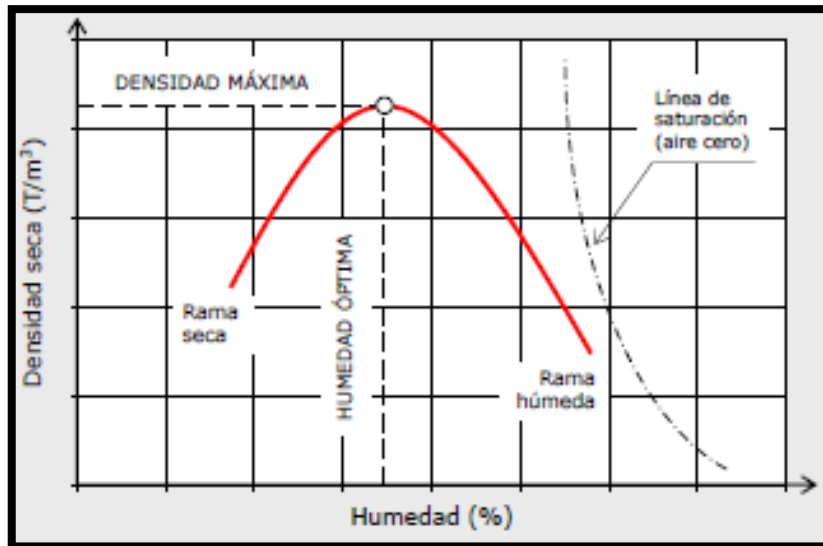


Figura 7. Curva característica de la humedad (%) y densidad seca (T/m³) (Bañón L. y Beviá J., 2000).

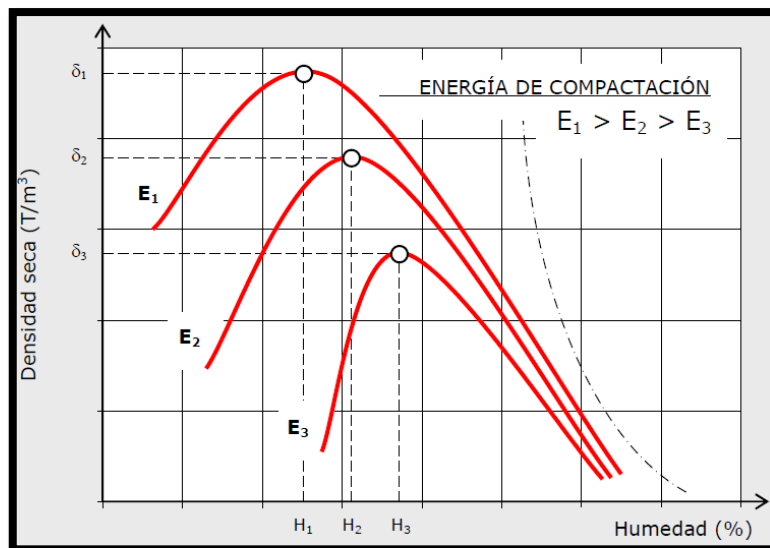


Figura 8. Influencia de la energía de compactación en la humedad óptima del suelo (%) (Bañón L. y Beviá J., 2000).

Proctor modificado (AASHTO T 180, ASTM D – 1557, MTC E 115). Este tipo de análisis lleva ese nombre en honor a su creador el ingeniero civil Ralph Roscoe Proctor (1894 – 1962) quien lo publicó en el año 1933, su principal objetivo o fin es la determinación de la humedad óptima de una muestra de suelo estudiada. Para Terrones (2018), define a este tipo de ensayo como una variación del ensayo Proctor normal, los cuales se diferencian solamente en la energía de compactación que se usa para

el análisis, esta variación se da en una relación de 4.5 veces superior en el Proctor modificado al del Proctor normal (p.56)

Para Rodríguez (2016), el método se selecciona una muestra de suelo de 35kg, la cual se debe tamizar previamente, debe dividirse en 6 partes iguales aproximadamente, se debe mezclar con agua o humedecer la muestra de suelo, luego debe llevarse a un molde metálico en las cuales sus medidas están normalizadas de 2320cc, se realiza un apisonamiento con una maza que también debe estar normalizada, esto para que su masa y la altura de caída no varíen para obtener una energía de compactación constante, esto se debe realizar 60 veces con la maza, todo esto debe ser realizada en tres capas de apitonamiento, llamadas tongadas y para mayor exactitud se deben realizar de 4 a 6 determinaciones haciendo variar el grado de humedad, con la cual se construye la curva o grafica de humedad – densidad seca (p.107).

En la Figura 9, podemos observar los principales materiales y equipos que se utilizan en el ensayo de proctor tanto para el ensayo proctor normal y el ensayo proctor modificado, en la cual varia solamente la energía de compactación empleada y los volúmenes de trabajo.

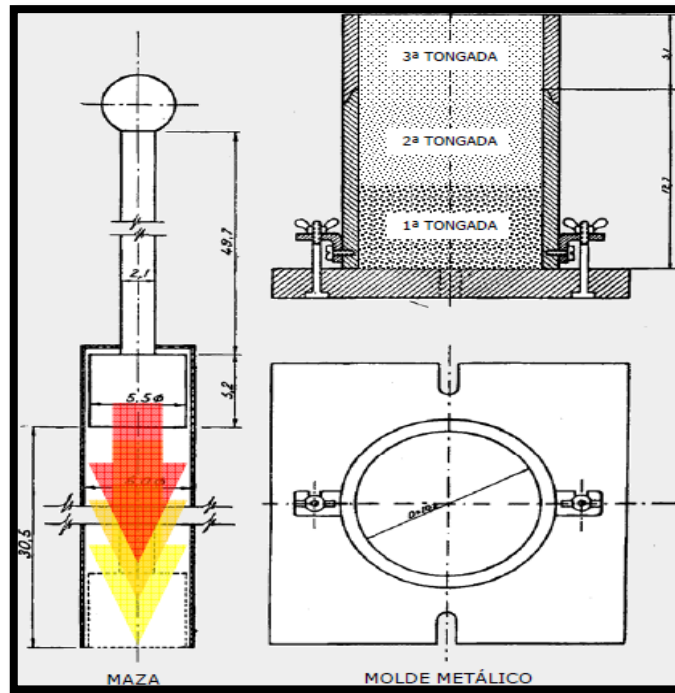


Figura 9. Materiales y equipos utilizados en el ensayo de Proctor (Bañón L. y Beviá J., 2000).

Capacidad portante mediante California Bearing Ratio (C.B.R.) (AASHTO T 193, ASTM D – 1883, MTC EM 132). La capacidad portante de un determinado tipo de suelo es el indicador que nos indica a que nivel el suelo puede soportar una carga sin que se produzcan asentamientos excesivos. Este tipo de ensayo de soporte fue desarrollado en California por la división de carreteras de California en el año 1929 con el objetivo de clasificar la capacidad de un determinado suelo para ser utilizado como parte de subrasante o material de base o cimiento en la construcción de una carretera.

#### 2.1.4. Mejoramiento de suelos

El mejoramiento o el cambio del suelo para nuestra conveniencia es un proceso geotécnico que se enfoca en el mejoramiento de la resistencia mecánica, mediante un tratamiento de adición de agentes estabilizantes que logren mejorar las propiedades del suelo. Según Braja (2012) define a un suelo como un sitio donde se desarrollara una construcción de diferentes clases y tipos, tales como edificios, puentes, veredas,

carreteras, etc., y que cada tipo de suelo contiene diferentes tipos de caracterización física y mecánica, es por ello que según el Manual de Carreteras: Suelos, geología geotecnia y pavimentos (2013), define al mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de los diferentes tipos de suelos como estabilización de los mismos, los cuales se logran mediante adiciones de agentes estabilizantes, los cuales pueden ser químicos, naturales o sintéticos de acuerdo al tipo de suelo analizado.

## **2.2. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA**

### **2.2.1. Estabilización con cal**

El funcionamiento a largo plazo de cualquier proyecto de construcción depende de la calidad de los suelos subyacentes. Los suelos inestables pueden crear problemas significativos en las estructuras y pavimentos. Con el diseño y técnicas de construcción apropiados, el tratamiento con cal transforma químicamente los suelos inestables en materiales utilizables. Adicionalmente, el soporte estructural de los suelos estabilizados con cal puede ser aprovechado en el diseño de pavimentos (Estabilización y modificación con cal. Boletín, 2004, vol. 326.)

La cal puede ser utilizada en el tratamiento de suelos, en varios grados o cantidades, dependiendo del objetivo. Una mínima cantidad de cal para tratamiento se utiliza para secar y modificar temporalmente los suelos. Tal tratamiento produce una plataforma de trabajo para la construcción de caminos temporales. Un mayor grado de tratamiento – respaldado por las pruebas, diseño y las técnicas apropiadas de construcción – producen la estabilización estructural permanente del suelo (Estabilización y modificación con cal. Boletín, 2004, vol. 326.).

Antes de iniciar cualquier proyecto de construcción, se deben desarrollar los planos y especificaciones. Para pavimentos de carreteras, el diseño debe ajustarse al tráfico esperado, tomando también en cuenta el medio



ambiente, el sitio y las condiciones de los materiales. Todos los diseños estructurales deben basarse en pruebas de laboratorio y parámetros que se ajusten a las demandas del proyecto en particular y además, proveer la alternativa más económica para el uso planeado (Estabilización y modificación con cal. Boletín, 2004, vol. 326.).

Según Saavedra, (2013) lo define a la cal como un producto químico natural que se obtiene de la roca caliza, cuando es sometida a altas temperaturas (más de 1000°C) hasta obtener cal viva; en esa fase tiene lugar la transformación del Calcio: de Carbonato a Óxido –por desprendimiento del dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), contenido en la piedra.

Al agregar agua o humedad, (apagar la cal) el material se hidrata y se denomina hidróxido de calcio; parte del agua se libera a la atmósfera como vapor ya que en este momento se origina una reacción de calor (exotérmico) no contaminante. La reacción se da a través de someter al carbonato de calcio (piedra caliza, tiza, coral/conchas), al adicionar calor (900°C – 1000°C), se obtiene el óxido de calcio (cal viva, cal en terrón) y dióxido de carbono. Los tipos de cales según la NTP 24:05 – 001, lo clasifica en:

**Cales aéreas.** Denominadas así porque endurecen al aire mediante su reacción con el anhídrido carbónico del mismo u otra fuente de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), las cuales se subdividen en:

Cal dolomítica. Se la denomina también cal gris o cal magra. El producto obtenido en la calcinación depende de la composición química de las calizas, por lo que ésta se denomina así por su origen, es decir, por ser el resultado de la calcinación de rocas calizas que contienen dolomita, de donde surge el óxido de calcio y de magnesio, que también es un óxido básico, pero no es recomendable para construcción porque se apaga muy lentamente con agua; en cambio, se usa con éxito en la industria azucarera.

Cal cálcica o grasa. Es una cal muy pura o con muy escaso contenido de arcillas y es muy eficiente en la preparación de las mezclas aéreas. Son llamadas así debido a que la acción cementante se logra por carbonatación de la cal mediante el CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) atmosférico. Las cales grasas fabricadas con piedras calizas de gran pureza contienen 95% o más de óxido de calcio. Cuando se apagan dan una pasta blanca, untuosa y fuertemente adhesiva, contrariamente a las cales magras, que tienen porcentajes de óxido de calcio comprendidos entre el 80 y el 90%.

Cales hidráulicas. Son llamadas así porque fraguan y endurecen con el agua. Contienen entre un 10 y 20% de arcillas y en ellas el efecto cementante se logra tanto por medio de la carbonatación de la cal, como por el proceso de hidratación de los silicatos y aluminatos formados por reacción a bajas temperaturas entre la caliza y la arcilla presente. A continuación se muestra la tabla 4, de los índices hidráulicos de la cal.

Tabla 4. Índice hidráulico de la cal

Naturaleza de los productos	Índice hidráulico	% de arcilla en la caliza primitiva	Tiempo de fraguado en agua	Observaciones
Cal grasa y magra	0.00 – 0.10	0.0 – 5.3	----	Fraguan solo en el aire
Cal débilmente hidráulica	0.10 – 0.16	5.3 – 8.2	16 – 30	Días
Cal medianamente hidráulica	0.16 – 0.31	8.2 – 14.8	10 – 15	Días
Cal propiamente hidráulica	0.31 – 0.42	14.8 – 19.1	5 – 9	Días
Cal eminentemente hidráulica	0.42 – 0.50	19.1 – 21.8	2 – 4	Días
Cal límite o cemento lento	0.50 – 0.65	21.8 – 26.7	1 – 12	Horas
Cemento rápido	0.65 – 1.20	26.7 – 40.0	5 – 15	Minutos

Fuente: Materiales de construcción, Oizus, F., 1985, p.89

La composición química de la cal según Ariel et al. (2009), en su trabajo de investigación realizaron estudios experimentales de elementos sílico-calcáreos para mampostería a partir de dos tipos de materias primas como son las escorias de Alto Horno y las cales hidráulicas, detallaron la composición química de la cal aérea y de la cal hidráulica; lo que se muestra en la tabla 5 y tabla 6, respectivamente.

Dichos investigadores aplicaron la ecuación de índice de hidraulicidad de Vicat, de la cal aérea, la cual consiste en dividir la sumatorias de los porcentajes en masas del SiO<sub>2</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, esta suma se divide entre el porcentaje en masa del CaO.

Del mismo modo se determinó la ecuación de índice de hidraulicidad de Vicat, de la cal hidráulica, la cual consiste en dividir la sumatorias de los porcentajes en masas del SiO<sub>2</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, esta suma se divide entre el porcentaje en masa del CaO.

Tabla 5. Composición química de la cal aérea

Compuesto	% en masa
CaO	87.32
SiO <sub>2</sub>	3.98
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.42
MgO	0.60
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.07
PPC	4.13
Reactividad	351

Fuente: Evaluación experimental de unidades sílico-calcáreas a partir de escoria de alto horno y cal hidráulica para mampostería, Ariel, et al (2009)

De acuerdo a los porcentajes en masa de los compuestos de la tabla 5, los investigadores Ariel, et al (2009), clasificaron a este tipo de cal como aérea de acuerdo con su investigación experimental. De donde obtuvieron un índice de hidraulicidad de Vicat de 0.06.

Tabla 6. Composición química de la cal hidráulica

Compuesto	% en masa
CaO	75.1
SiO <sub>2</sub>	10.2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.50
MgO	0.80
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.50
PPC	5.25
Reactividad	286

Fuente: Evaluación experimental de unidades sílico-calcáreas a partir de escoria de alto horno y cal hidráulica para mampostería, Ariel, et al (2009).

De acuerdo a los porcentajes en masa de los compuestos de la tabla 5, los investigadores Ariel, et al (2009), clasificaron a este tipo de cal como hidráulica de acuerdo con su investigación experimental. De donde obtuvieron un índice de hidraulicidad de Vicat de 0.15.

### 2.2.2. Estabilización con cenizas volátiles de bagazo de caña de azúcar

La ceniza de bagazo de caña de azúcar es obtenida de los procesos agroindustriales, el cual genera subproductos como es el bagazo de la caña en los procesos de la obtención de azúcar. Luego se hace pasar en un reactor discontinuo, cerrado, a 500°C durante 4 horas, presenta una serie de características físicas que son determinadas: densidad aparente, densidad aparente por aprisionamiento, densidad picnométrica, porosidad, compresibilidad, velocidad de flujo, esfericidad, superficie específica y tortuosidad. Esto ha sido realizado por los investigadores Prieto, et al (2016).

A continuación se muestra en la tabla 7, los parámetros más representativos de la ceniza volátil del bagazo de caña de azúcar.

Tabla 7. Parámetros físicos de la ceniza volátil del bagazo de caña de azúcar

Parámetros	Valores de los parámetros
Densidad aparente	0.5310 g/mm <sup>3</sup>
Densidad aparente por aprisionamiento	0.6505 g/mm <sup>3</sup>
Densidad picnométrica	2.2686 g/mm <sup>3</sup>
Porosidad	0.7133
Compresibilidad	0.1837
Velocidad de flujo	0.0000
Esfericidad	0.4500
Superficie específica	11.7920 m <sup>2</sup> /g
Tortuosidad	1.4700

Fuente: Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la remoción de zinc en soluciones acuosas, Prieto et al (2016).

### 2.2.3. Estabilización con cenizas volátiles de cascarilla de arroz.

La cascarilla de arroz es uno de los desechos más importantes de la producción de arroz en el Perú, principalmente los valles costeros de Áncash. La cantidad de cascarilla que se genera, año tras año en la región, puede superar las 64 425 TM / año (Minagri, 2018), por ello y gracias a su alta estabilización y por ser un agente que mejora las propiedades mecánicas y físicas del suelo, se aprovechan con el fin de ayudar al medio ambiente.

A continuación en la tabla 8 y tabla 9, se especifica las propiedades químicas de la cascarilla de arroz y las cenizas volátiles de cascarilla de arroz respectivamente.

Tabla 8. Propiedades químicas de la cascarilla de arroz

Componente	% en masa
Carbono	39.10
Hidrogeno	5.20
Nitrógeno	0.60
Oxigeno	37.20
Azufre	0.10
Cenizas	17.80

Fuente: La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral, Prada et al (2010).

De la tabla 8, se puede apreciar que la cascarilla de arroz presenta un alto contenido de carbono, por ello es de consistencia quebradiza, abrasiva y su color varía del pardo rojizo al púrpura oscuro. Su densidad es baja, por lo cual al apilarse ocupa grandes espacios. El peso específico es de 125 kg/ m<sup>3</sup>. (Varón 2005)

Tabla 9. Propiedades químicas de la ceniza volátil de cascarilla de arroz

Componente	% en masa
Ceniza de Sílice (SiO <sub>2</sub> )	94.10
Oxido de calcio (CaO)	0.55
Oxido de magnesio (MgO)	0.95
Oxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	2.10
Oxido de Sodio (Na <sub>2</sub> O)	0.11
Sulfato	0.06
Cloro	0.05
Oxido de titanio (TiO <sub>2</sub> )	0.05
Oxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.12
Otros componentes (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , F <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1.82
Total	100.00

Fuente: La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral, Prada et al (2010).

De la tabla 9, se puede apreciar que la ceniza volátil de cascarilla de arroz presenta un alto contenido de ceniza de sílice, lo cual ayuda a mejorar la composición física y mecánicas de suelos (limos y arcillosos).

## **CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS**



### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. MÉTODOS**

El método utilizado en la investigación es deductivo, porque va a partir de una premisa general para obtener las conclusiones de un caso particular, poniendo énfasis en la teoría, modelos teóricos, la explicación y abstracción, antes de recoger datos empíricos, hacer observaciones o emplear experimentos. En este trabajo se va a realizar ensayos de estabilización de suelos para atenuar los efectos de plasticidad del material de sub rasante de la carretera Cáceres del Perú – Tara distrito de Cáceres del Perú – Santa - Áncash en su estado natural, y posteriormente añadiendo cantidades de bagazo de caña de azúcar, ceniza de cascarilla de arroz y cloruro de calcio (Ca) para comprobar las modificaciones en sus propiedades ingenieriles dentro de los cuales se tiene el contenido de humedad, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad (Proctor modificado) y la relación de Soporte de California (CBR).

##### **3.1.1. OBJETO DE ESTUDIO**

El objeto de estudio será la Carretera Cáceres del Perú – Tara – distrito de Cáceres del Perú – Santa Ancash.

##### **3.1.2. VARIABLES**

###### **3.1.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Estabilización de los suelos

###### **3.1.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

Plasticidad del material de sub rasante de la carretera

### 3.1.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño de investigación con relación al tipo de estudio, es Experimental, debido a que se va agregar agentes estabilizantes al suelo arcilloso de la subrasante de la carretera Tara Distrito Cáceres del Perú – Santa Ancash, la cual se representa del siguiente modo:

$$G: O_1 \longrightarrow X \longrightarrow O_n$$

Donde:

G: La Carretera Tara Distrito Cáceres del Perú – Santa Ancash

O1, On = Efectos de Plasticidad del Material de sub rasante

X = Estabilización de suelos.

### 3.1.4. TIPO DE INVESTIGACIÓN

**De acuerdo al fin que se persigue:**

Aplicada

**De acuerdo al diseño de investigación:**

Explicativa, Experimental

### 3.1.5. POBLACIÓN

Carretera Cáceres del Perú – Tara – distrito de Cáceres del Perú – Santa Ancash.

### 3.1.6. MUESTRA

Suelo de la carretera Cáceres del Perú – Tara – distrito de Cáceres del Perú – Santa Ancash, a través de muestreo no probabilístico (por conveniencia).

### **3.1.7. UNIDAD DE ANÁLISIS**

Espécimen de suelo arcilloso con porcentajes de cal, cenizas volátiles de cascarilla de arroz y cenizas de bagazo de caña de azúcar.

### **3.1.8. RECOPIACIÓN DE DATOS**

Para el presente trabajo de investigación se recopiló datos en gabinete, en campo y en laboratorio, siendo las mayores fuentes Proctor Modificado y la determinación del CBR de carga para lo cual se utilizaron los ensayos clásicos y los moldes normalizados de laboratorio, los cuales sirvieron para el análisis de la muestra extraída de la carretera Cáceres del Perú – Tara distrito de Cáceres del Perú – Santa Áncash, así como también a instituciones del gobierno como el Ministerio del Ambiente (MINAM).

### **3.1.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN**

#### **3.1.9.1. En gabinete**

La recopilación de la información se obtuvo a través de un SIG para la elaboración de los mapas de distribución de las muestras de suelo, para la gestión, análisis y visualización de conocimiento geográfico, el programa Google Earth Pro 2018, para la visualización completa y panorámica de la carretera Cáceres del Perú – Tara distrito de Cáceres del Perú – Santa – Áncash.

#### **3.1.9.2. En campo**

Los datos se recolectaron de acuerdo a las diferentes visitas a campo, donde se pudo reunir todos los datos necesarios para realizar una correcta estabilización de suelos, y que

logre atenuar efectos de plasticidad del material de subrasante para el área de estudio y la mejor opción de los materiales para su posterior diseño de la carretera Cáceres del Perú – Tara distrito de Cáceres del Perú – Santa Áncash.

**Reconocimiento y selección del tramo en estudio.** La selección del tramo en estudio se determinó mediante la visita al campo, con la finalidad de caracterizar el terreno de fundación de la vía, para lo cual se realizó un programa de exploración de campo para la ruta definida en el trazo y diseño vial de la ruta de extensión por tratarse de zonas de nuestra serranía (sin pavimentar), las cuales están expuestas a los diferentes cambios climáticos de nuestro país, es donde se vuelve sensible a los trabajos que se realiza en dicho tramo, al no contar con una adecuada estabilización de suelos o una inexistencia de la misma, conlleva a un deterioro y posterior colapso de la vía. La ruta de acceso a la vía vecinal desde la capital del país (Lima), es como sigue:

Chimbote - Jimbe: 77+400 km (1 hora y 40 minutos); por carretera asfaltada

De Jimbe al punto de inicio; 18+000 Km por carretera afirmada.

Inicio a Final de tramo: 1+000 Km (10 minutos) por trocha carrozable.

Dichas exploraciones de campo efectuadas y recopiladas se realizaron en la ruta a estudiar (Trocha) de extensión 1.00 Km que abarca desde el Km 95+400 hasta el Km

96+400 de la carretera Cáceres del Perú – Tara distrito de Cáceres del Perú – Santa Áncash.

Tabla 10. Distancia y tiempo de recorrido del tramo de la carretera de Cáceres del Perú – Tara distrito de Cáceres del Perú – Santa Áncash, para el estudio.

UBICACIÓN		DISTANCIA	TIEMPO	TIPO DE CARRETERA
DE	A	(KM)	(HR)	
Chimbote	Jimbe	77+400	1Hr: 40 min	Asfaltada
Jimbe	Inicio	18+000	1 Hr: 00 min	Afirmada
Inicio	Fin	1+000	0 Hr: 10 min	Trocha
Total		96+400	2 Hr: 50 min	

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

**Recolección de información de manera visual.** Mediante la inspección visual se obtuvo los datos relacionados al clima, tipo de suelo de acuerdo a las características físicas, relieve, geología, corteza vegetal y topografía, los cuales son presentados de manera gráfica en Anexo N° 01

**Levantamiento topográfico.** Para obtener datos más precisos de la topografía del tramo de la carretera Cáceres del Perú – Tara distrito de Cáceres del Perú – Santa Áncash, que se va a realizar el estudio, se realizó un levantamiento topográfico a través de la estación total, para su posterior análisis en gabinete.

**Calicatas.** La recolección de la información del sub suelo del tramo de la carretera Cáceres del Perú – Tara distrito de Cáceres del Perú – Santa Áncash, en estudio se hizo a través de 4 calicatas ver Tabla 5. Los datos recolectados se

procesaron en gabinete, los resultados se aprecian en el Anexo N° 02.

Tabla 11. Excavación manual a cielo abierto (calicatas) del tramo de la carretera de Cáceres del Perú – Tara distrito de Cáceres del Perú – Santa Áncash, para su respectivo estudio.

<b>ITEM N°</b>	<b>CALICATA N°</b>	<b>PROGRESIVA (Km)</b>	<b>PROFUNDIDAD (m)</b>
1	C – 01	95+400	-1.50
2	C – 02	95+650	-1.50
3	C – 03	95+900	-1.50
4	C – 04	96+400	-1.50

Fuente: Elaboración Propia, Basado en las características físicas del suelo.

### **3.1.9.3. En laboratorio**

Las muestras extraídas (calicatas) del tramo de la carretera Cáceres del Perú – Tara distrito de Cáceres del Perú – Santa Áncash, fueron llevadas al laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Nacional del Santa, para determinar sus características físico mecánicas, mediante los ensayos realizados al suelo en su estado natural como a las mezclas, los cuales fueron regulados bajo las normas de la American Society for Testing and Materials (ASMT), así como del Manual de Ensayo de Materiales 2000 (MTC).

Tabla 12. Ensayo de características físicas para la muestra (calicatas) del tramo de la carretera de Cáceres del Perú – Tara distrito de Cáceres del Perú – Santa Áncash.

ITEM N°	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN	NORMA	GUIA DE MUESTRA
1	Análisis Granulométrico	AASHTO T 88	ASTM D 421	MTC E 204
2	Límites de Consistencia	AASHTO T 89	ASTM D 4318	MTC E110
3	Límites de Contracción	AASHTO T 92	ASTM D 427	MTC E112
4	Contenido de Humedad		ASTM D 2216	MTC E 108

Fuente: Elaboración Propia, basado en la Norma ASTM.

Tabla 13. Ensayo de características mecánicas para la muestra de suelo natural.

ITEM N°	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN	NORMA	GUIA DE MUESTRA
1	Próctor Modificado	AASHTO T 180	ASTM D 1557	MTC E 116
2	C.B.R.	AASHTO T 193	ASTM D 1883	MTC E 132

Fuente: Elaboración Propia, basado en la Norma ASTM.

### 3.1.10. ANÁLISIS DE DATOS

Luego de recopilar la información a través de gabinete, campo y laboratorio, se realizó un análisis de cada uno de estos datos, manteniendo una comparación constante con la revisión documental realizada en el transcurso de nuestro trabajo de investigación.

### **3.1.11. PROCESAMIENTO DE DATOS**

Después de realizar un análisis detallado de los datos obtenidos en gabinete, en campo y en laboratorio, se desarrolló el procesamiento de los mismos, para lo cual se hizo uso de toda la información bibliográfica necesaria que complementa el conocimiento obtenido durante nuestra formación profesional, también se consultó distintos software de procesamientos de datos y hojas de cálculo para realizar pruebas de Proctor Modificado y determinar el CBR de carga se utilizaron los ensayos clásicos y los moldes normalizados de laboratorio, trabajando de una manera conjunta para el procesamiento de datos de una forma correcta, obteniendo resultados racionales y verificables.

### **3.1.12. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

Luego de realizar el procesamiento de los datos recopilados, se pudo obtener los resultados, tales como: Tipo de suelo de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S), Propiedades físicas (Análisis granulométrico, Límites de consistencia, Límites de contracción y Contenido de humedad), Propiedades mecánicas (Proctor modificado y Relación Soporte California C.B.R.), tanto en su estado natural como del suelo aplicado mezclas de cal, ceniza volátiles de cascara de arroz y bagazo de caña de azúcar, logrando discriminar el material que mejor atenúe los efectos de plasticidad del material en experimento.

Luego de obtener los resultados a través del procesamiento de los datos recolectados, se procede a un análisis e interpretación de los mismos de una forma metódica y racional, los cuales se plasman en el Capítulo IV: Resultados y Discusión, así como en las conclusiones y recomendaciones de este trabajo de investigación.



## 3.2. MATERIALES

Los materiales están relacionados a la recolección y registro de los datos obtenidos a través de los métodos, los cuales brindan un procesamiento, análisis e interpretación de los datos de una forma metódica, verificable y medible.

### 3.2.1. MATERIALES USADOS EN GABINETE

#### 3.2.1.1. Material bibliográfico

Los materiales estuvieron compuesto por programas informáticos así como también guías de muestreo para la obtención de datos confidenciales, donde se utilizó a los libros de suelos, pavimentos, mezclas químicas, metodología (físico y virtual), así como también artículos de investigación relacionados a la estabilización de suelos para atenuar los efectos de plasticidad del material de sub rasante, teniendo como fuentes principales a las tesis, publicaciones científicas y manuales de experimentos sobre mezcla químicas.

#### 3.2.1.2. Software

La investigación científica trabaja de una forma integrada con la tecnología, es por ello que para desarrollar este trabajo utilizó software de análisis de datos los cuales estuvieron desde el inicio de la investigación hasta el final, los software utilizado en el lapso del tiempo que duro la investigación se puede mencionar a:

**Google Earth Pro:** Esta herramienta es de mucha utilidad para ubicarse en un lugar de referencia exacta y actualmente es de uso libre. Se define como un software

que muestra un globo virtual el cual va a permitir una visualización de múltiple cartografía, basándose en la fotografía satelital. Para este trabajo de investigación se utilizó para ubicar las coordenadas; delimitar su extensión, obtener sus áreas y perímetros.

**Microsoft Excel:** Este programa es de tipo Hoja de cálculo que permite realizar operaciones con números organizados por hojas de cálculo, es utilizado mundialmente en distintos campos de estudio. En este trabajo de investigación se utilizó este programa de cálculo para elaborar nuestras propias hojas de cálculo, con el objetivo de procesar la data y obtener los siguiente resultados: Análisis granulométrico por tamizado (ASTM – D421), Limites de consistencia (ASTM – D4318), Limite liquido – Limite plástico, Contenido de humedad (ASTM – D2216), Relación de soporte de california (C.B.R.), Compactación, Expansión, Penetración, Ensayo de compactación (ASTM D1557) – Proctor Modificado.

**Microsoft Word:** es un programa que está orientado a la redacción y procesamiento de texto. Fue creado por la empresa Microsoft, y actualmente viene integrado en la suite ofimática Microsoft Office. En este trabajo de investigación se utilizó para la redacción del texto descrito a lo largo de toda la tesis, debido a que sin este programa no hubiese sido posible digitalizar todo el texto a un informe físico es por ello que se le atribuye como un software realmente importante en la realización de este trabajo de investigación, ya que hicimos uso constante de él para la redacción del informe final de la presente tesis.

### **3.2.1.3. Material electrónico**

Los materiales electrónicos fueron muy requeridos por los investigadores, para la distinta recolección de los datos necesarios, los cuales se mencionan de acuerdo a la frecuencia de uso:

- Laptop
- Impresora
- Memoria U.S.B.
- Celulares
- Cámara fotográfica digital

Así como también se utilizó útiles externos al material electrónico, pero que también fueron requeridos en su debido momento:

- Útiles de escritorio (Lapiceros, correctores y resaltadores)
- Útiles administrativos (Hojas bond A4, Cuadernillo de apuntes y bitácora)

### **3.2.2. MATERIALES USADOS EN CAMPO**

Los trabajos desarrollados se enfocaron principalmente en la obtención de las muestras de suelo de las sub rasante de la carretera Cáceres del Perú – Tara distrito de Cáceres del Perú – Santa Áncash, es por ello que al momento de realizar el análisis del campo y la toma de muestra, se evidencio la necesidad de utilizar los siguientes materiales y equipos:

### **3.2.2.1. Levantamiento topográfico:**

Se realizó el levantamiento topográfico para la toma de muestra a través de un conocimiento más certero y preciso del tramo a estudiar:

#### **Equipos y materiales:**

- Estación total
- Prismas

### **3.2.2.2. Calicatas**

Se realizó la extracción de la muestra a través de las 4 calicatas a cielo abierto excavadas manualmente, con un nivel de profundidad de 1.5 m.

#### **Equipos y materiales**

- Palanas
- Wincha de 5.00 m
- Varilla
- Balde
- Recipiente de toma de muestra.

### **3.2.3. MATERIALES USADOS EN LABORATORIO**

Una vez extraídas las muestras se llevaron al laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Nacional del Santa, para sus respectivos ensayos aplicados a la muestra extraída del tramo de la carretera Cáceres del Perú – Tara distrito de Cáceres del Perú – Santa Áncash, bajo las normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM) y del Manual de Ensayo de Materiales 2000 (MTC)

### **3.2.3.1. Muestras representativas (Cuarteo)**

Se realizó este procedimiento para obtener muestras representativas del material de estudio, teniendo como fase principal la mezcla del material hasta obtener una forma física de pila cónica, la cual se va a dividir diametralmente en 4 muestras, de las cuales 2 muestras diagonalmente opuestas se separan y las 2 muestras restantes se mezclan y se extrae para luego volver a hacer el mismo procedimiento con la mezcla realizada a base de las 2 muestras extraídas, teniendo como función principal obtener la muestra requerida para el estudio.

#### **Equipos y materiales**

- 01 Cucharon metálico
- 01 Regla
- 01 Mortero
- 02 Brocha

### **3.2.3.2. Análisis Granulométrico por Tamizado**

Luego de realizar la muestra de suelo a estudiar mediante la técnica de cuarteo, se procedió a realizar el tratamiento de la muestra, la cual se le dio un tratamiento de lavado y luego se realizó el secado de la muestra húmeda mediante el horno eléctrico, teniendo como objetivo obtener el contenido de finos, luego de tener la muestra con su tratamiento respectivo se deposita sobre el juego de tamices para obtener la información requerida sobre el contenido de material existente de cada tamiz.

### **Equipos y materiales**

- Juego de tamices (N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 100, N° 200, < N° 200)
- Maquina tamizadora
- 01 Balanza electrónica de alta precisión (0.01 gr)
- Recipiente de aluminio
- 01 cucharon de acero
- 01 cepillo
- Horno eléctrico (110 +/- 5 °C / 230 +/- 9)

#### **3.2.3.3. Limite Liquido del Suelo**

El límite líquido del suelo se determinó a través una tajada de suelo preparada en el laboratorio, y luego introducirla en el horno para determinar su contenido de humedad.

### **Equipos y materiales**

- Tamiz N° 40
- Copa de Casagrande
- 01 espátula
- 01 Balanza electrónica de alta precisión (0.01 gr)
- Recipiente de aluminio
- Horno eléctrico (110 +/- 5 °C / 230 +/- 9)
- Agua destilada

#### **3.2.3.4. Limite Plastico e Indice de Plasticidad**

El límite de plasticidad del suelo se determinó a través de una muestra de suelo a estudiar, el cual se enrolló en una forma de cilindro sobre una lámina de vidrio, hasta romperse

en un diámetro de 3 mm, luego determino su contenido de humedad, el cual es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de la masa de suelo desarrollada en el laboratorio.

### **Equipos y materiales**

- Tamiz N° 40
- Vidrio grueso esmerilado
- 01 espátula
- 01 Balanza electrónica de alta precisión (0.01 gr)
- Recipiente de aluminio
- Horno eléctrico (110 +/- 5 °C / 230 +/- 9)

#### **3.2.3.5. Contenido de Humedad del Suelo**

El contenido de humedad se realizó luego de realizar el muestreo, el cual se inició registrando el peso de la muestra y de la tara cada una por separado, luego se pesaron la tara con la muestra húmeda para registrar el peso total de la muestra que se introduce en el horno eléctrico para su respectivo secado, finalmente una vez secada la muestra se extrae del horno y se vuelve a pesar para obtener así el contenido de humedad de la muestra.

### **Equipos y materiales**

- Balanza electrónica de alta precisión (0.01 gr)
- Recipiente de aluminio
- Espátulas
- Horno eléctrico (110 +/- 5 °C / 230 +/- 9)

### **3.2.3.6. Compactación de suelos a través de una energía estándar (Proctor Modificado)**

La compactación de suelos se realizó a través del Proctor Modificado, se ubicó la capa de suelo sobre el molde de cemento uniforme y rígido, luego se apisono con el martillo para tener una masa totalmente compactada, lo cual va a permitir obtener el punto máximo de la curva Proctor donde indica la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad de la masa de estudio. Se realizó las distintitas pruebas para discriminar el tipo de material (Ceniza volátil de cascarilla de arroz, bagazo de caña de azúcar y cal viva) se puede apreciar todas los ensayos en el capítulo IV: resultados y discusión; y se pueda así utilizar en el ensayo de valor de la Relación de Soporte (C.B.R.).

#### **Equipos y materiales**

- Proctor modificado
- Pisón manual
- Balanza electrónica de alta precisión (1 gr y 0.01 gr)
- Regla metálica
- Bandeja
- Espátulas
- Recipientes de aluminio
- Materiales de mezcla (Agua, Ceniza volátil de cascarilla de arroz, bagazo de caña de azúcar y cal viva)
- Horno eléctrico (110 +/- 5 °C / 230 +/- 9)



### **3.2.3.7. Valor de la Relación de Soporte (C.B.R.)**

El ensayo de valor de la Relación de Soporte (C.B.R.), se realizó para medir la capacidad portante de la masa de suelo desarrollada en el laboratorio de la Universidad Nacional del Santa, arrojando el porcentaje de soporte que exhibe la muestra de suelo realizada respecto a la muestra estudiada, para lo cual se determinó ensayo de granulometría, humedad y plasticidad, logrando medir la resistencia del material al corte.

#### **Equipos y materiales**

- Trípode de expansión para C.B.R.
- Placa de expansión en bronce para C.B.R.
- Molde para compactación C.B.R.
- Máquina para ensayo C.B.R.
- Balanza electrónica de alta precisión (0.01 gr)
- Recipientes plásticos
- Espátulas
- 01 Mortero
- Materiales de mezcla (Agua, Ceniza volátil de cascarilla de arroz, bagazo de caña de azúcar y cal viva)

### **3.2.4. SERVICIOS**

Para realizar el trabajo de investigación, fue necesario utilizar muchos servicios, los cuales fueron tomados como materiales que complementaron los métodos usados durante la elaboración de la presente tesis, entre los cuales podemos mencionar:

- Ensayos de laboratorio.
- Movilidad.

## **CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

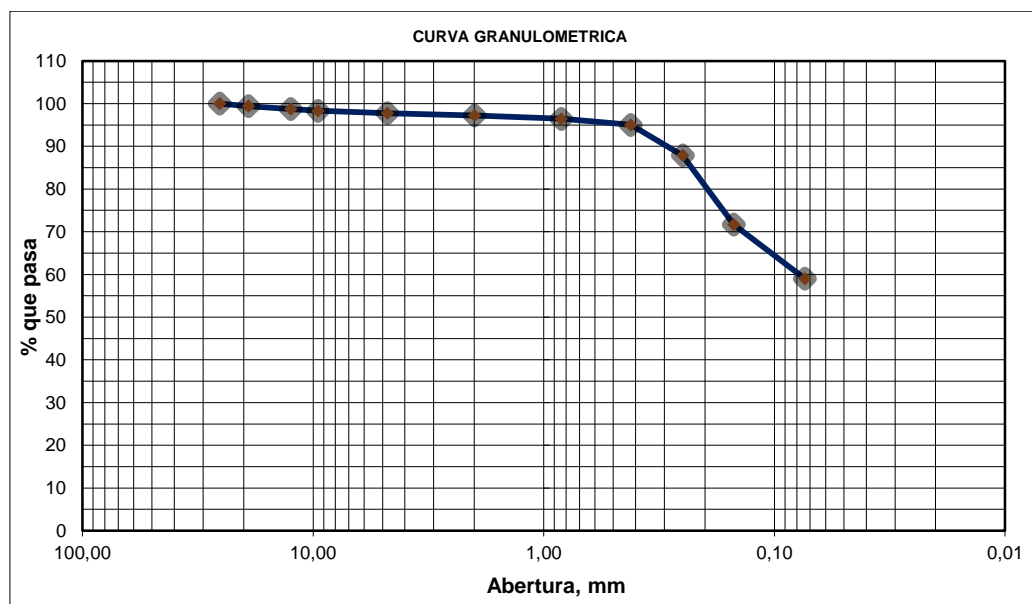
### 4.1. RESULTADOS

#### 4.1.1. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la muestra patrón.

Las propiedades físicas se desarrollaron a través de la distribución granulométrica, realizado en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional del Santa, el cual se pasó por el juego de tamices, regulados bajo la norma del MTC E 204, 111, 112., así mismo se evaluó los límites de Atterberg los cuales están regulados según las normas de la ASTM D4318, D421

#### Distribución granulométrica

Se va a identificar y clasificar las muestras de suelo en su estado natural, mediante el tamizado de la muestra extraída del tramo de la carreta, el análisis granulométrico se va a realizar por tamizado (ASTM – D421), según la norma MTC E 204.



De la Figura 10, se muestra la curva granulométrica correspondiente al suelo extraído de la calicata C-01, de la cual se obtiene un porcentaje de 59.04% de finos (Diam < N° 200) de la muestra que pasa por la malla <N° 200, lo que indica que de acuerdo a su clasificación SUCS es CL, y para su clasificación AASHTO es A-6(4); del mismo modo se realizó el procedimiento para la distribución granulométrica del suelo patrón de las calicatas: C-02, C-03, C-04, la cual se muestra en los ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de suelos de la Universidad Nacional del Santa (Anexo 02)

De acuerdo a los parámetros hallados anteriormente, se clasifica al tipo de suelo de las 4 calicatas como un tipo de suelo cohesivo (arcillas inorgánicas), CL en la clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), y según el análisis AASHTO es A-6(8).

#### **Límites de consistencia**

Los ensayos realizados para determinar el límite líquido y límite plástico e índice de plasticidad fueron desarrollados según las normas MTC E 110/111, donde se obtuvo:

Tabla 14. Análisis de los límites de consistencia a las muestras extraídas de las 4 calicatas del suelo a estudiar

Ensayo	CALICATA C – 01	CALICATA C – 02	CALICATA C – 03	CALICATA C – 04
Límite Líquido	53.46%	54.01%	54.25%	54.29%
Límite Plástico	25.47%	25.10%	24.39%	24.38%
Índice Plasticidad	<b>27.99%</b>	<b>28.91%</b>	<b>29.86%</b>	<b>29.91%</b>

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos (UNS – EPIC).

### Contenido de humedad

La determinación de la humedad de las muestras de cada calicata (4) se realizó según la norma MTC E 108.

Tabla 15. Contenido de humedad de las muestras extraídas de las 4 calicatas del suelo a estudiar

Ensayo	CALICATA C - 01	CALICATA C - 02	CALICATA C - 03	CALICATA C - 04
Contenido de humedad	<b>29.93%</b>	<b>29.52%</b>	<b>29.54%</b>	<b>30.81%</b>

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos (UNS – EPIC).

De acuerdo a los parámetros hallados anteriormente, se clasifica al tipo de suelo de las 4 calicatas como un tipo de suelo cohesivo (arcillas inorgánicas), CL en la clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), y según el análisis AASHTO es A-6(8).

Luego de realizar la caracterización física se realiza la caracterización mecánica

### Método de compactación (Proctor Modificado)

El ensayo de compactación (Proctor Modificado) se desarrolló mediante la norma ASTM D1557 y MTC 116.

Tabla 16. Análisis del ensayo de compactación (Proctor Modificado) a las muestras extraídas de las 4 calicatas del suelo a estudiar.

Ensayo	CALICATA C - 01	CALICATA C - 02	CALICATA C - 03	CALICATA C - 04
Máxima densidad seca (gr/cc)	1.697	1.698	1.696	1.694
Contenido de humedad (%)	16.55	16.60	16.76	16.95

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos (UNS – EPIC).

De la tabla 16 se muestran los valores de Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>), y el óptimo contenido de humedad (%), del suelo en su estado natural.

### Relación soporte californi (C.B.R.)

El ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R) se desarrolló mediante la norma ASTM D1883 y MTC E132.

Tabla 17. Análisis del ensayo C.B.R a las muestras extraídas de las 4 calicatas del suelo a estudiar.

Ensayo	CALICATA C – 01		CALICATA C – 02		CALICATA C – 03		CALICATA C – 04	
	0.1”	0.2”	0.1”	0.2”	0.1”	0.2”	0.1”	0.2”
Penetración (“)								
C.B.R (%)	3.82	3.25	3.84	3.24	3.87	3.22	4.01	3.21
Máxima Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.697	1.697	1.698	1.69	1.69	1.69	1.694	1.694

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos (UNS – EPIC).

En la tabla 17 se muestran la relación de soporte de californi del suelo en su estado natural, los cuales se evaluaron mediante la máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) al 95% del valor y el C.B.R correspondiente a 0.1” y 0.2” de penetración, teniendo como C.B.R de diseño al 95% y a 0.2” de penetración un valor de 3.21% de Relación Soporte de California.

La estabilización de la muestra elegida de acuerdo a los ensayos mecánicos (Proctor Modificado y C.B.R), tendrá como base a un tipo de suelo con un C.B.R de 3.21% y una máxima densidad seca de 1.694 g/cm<sup>3</sup>, lo que va a necesitar de agentes estabilizantes para atenuar los efectos de plasticidad de dicha muestra extraída, es allí donde se propone en este trabajo de investigación agregar dosificaciones de cal, cenizas volátiles de cascarilla de arroz y bagazo de caña de azúcar a 1.5%, 2.5% y 3.5% respectivamente.

**4.1.2. Determinar las características físicas y mecánicas de la muestra patrón con adición de cal, cenizas volátiles de cascarilla de arroz y cenizas de bagazo de caña de azúcar en sus diferentes dosificaciones (1.5%, 2.5% y 3.5%), respectivamente.**

Según las características geotécnicas del suelo extraído a través de las calicatas (4), del tramo de la carretera Cáceres del Perú – Tara distrito de Cáceres del Perú – Santa Áncash, se propone como tipo de estabilización:

- Estabilización con Cal (1.5%, 2.5% y 3.5%).
- Estabilización con Cenizas volátiles de cascarilla de arroz (CCA) (1.5%, 2.5%, 3.5%).
- Estabilización con bagazo de caña de azúcar (BCA) (1.5%, 2.5%, 3.5%).

A través de la estabilización del suelo propuesto, se va a seleccionar el tipo que mejor atenúe los efectos de plasticidad del suelo extraído del tramo de la carretera Cáceres del Perú – Tara distrito de Cáceres del Perú – Santa Áncash, mediante los ensayos físicos y mecánicos realizados en el laboratorio.

Los ensayos de caracterización físicos y mecánicos se desarrollaron en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Nacional del Santa, donde se determinó su análisis físico (granulométrico, límites de consistencia, contenido de humedad) y análisis químico (Proctor Modificado y Relación Soporte California – C.B.R.). .

#### **Estabilización del suelo mediante cal**

La estabilización del suelo mediante cal se realizó a través de 3 pruebas, los cuales fueron analizados mediante los ensayos físicos y mecánicos, para determinar el efecto de plasticidad de la sub rasante del tramo de

la carretera de donde fue extraída la muestra, las pruebas estuvieron compuestas por:

Tabla 18. Composición de mezcla de suelo extraído y cal para evaluar la estabilización de la muestra.

CALICATA	COMPOSICIÓN	ENSAYO	ENSAYO	ENSAYO
		I	II	III
C - 04	Cal	1.5%	2.5%	3.5%
	Suelo	98.5%	97.5%	96.5%

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos (UNS – EPIC).

Luego de realizar la composición de cal y de suelo, se realizó el análisis físico de los diferentes ensayos. (1.5%, 2.5% Y 3.5%), los cuales fueron pasados por el juego de tamices del laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional del Santa – Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

Tabla 19. Análisis granulométrico de la composición de cal y suelo a través de los diferentes ensayos

CALICATA	ENSAYO	ENSAYO	ENSAYO
C-04	1.5%	2.5%	3.5%
Analisis granulometrico	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje
<b>Grava (No.4 &lt; Diam. &lt; 3")</b>	<b>4.18%</b>	<b>4.00%</b>	<b>4.09%</b>
Grava Gruesa (3/4" < Diam. < 3")	2.28%	1.54%	1.42%
Grava Fina (N°4" < Diam. < 3/4")	1.90%	2.46%	2.67%
<b>Arena (No.200 &lt; Diam. &lt; No.4)</b>	<b>25.27%</b>	<b>27.54%</b>	<b>29.23%</b>
Arena Gruesa (No.10 < Diam < No.4)	1.53%	1.75%	1.91%
Arena Media (No.40 < Diam < No.10)	6.36%	6.80%	8.61%
Arena Fina (No.200 < Diam < No.40)	17.39%	19.00%	18.71%
<b>Finos (Diam. &lt; No.200)</b>	<b>70.55%</b>	<b>68.46%</b>	<b>66.68%</b>

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos (UNS – EPIC).



De la tabla 19 se muestra el análisis granulométrico de la mezcla del suelo patrón de la calicata C-04 y las dosificaciones de cal (1.5%, 2.5% y 3.5%) respectivamente, donde se obtuvo Grava ( $N^{\circ}4 < \text{Diam} < 3''$ ), 4.18%, 4.00% y 4.09% respectivamente; Arena ( $N^{\circ}200 < \text{Diam} < N^{\circ}4$ ), 25.27%, 27.54% y 29.23% respectivamente; y Finos ( $\text{Diam} < N^{\circ} 200$ ), 70.55%, 68.46% y 66.68% respectivamente, se realizó el mismo procedimiento para los dos siguientes ensayos (Anexo 02).

Tabla 20. Análisis de los límites de consistencia de la composición de cal y suelo a través de los diferentes ensayos.

CALICATA	LIMITES DE CONSITENCIA	ENSAYO 1.5%	ENSAYO 2.5%	ENSAYO 3.5%
C – 04	Límite Líquido	48.47%	42.74%	42.30%
	Límite Plástico	26.22%	30.99%	31.32%
	Índice Plasticidad	<b>22.25%</b>	<b>11.75%</b>	<b>10.98%</b>

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos (UNS – EPIC).

En la Tabla 20 se muestran el límite de consistencia para cada ensayo realizado así como el índice de plasticidad, donde se evidencia que mientras mayor sea la dosificación del estabilizante (Cal), el límite líquido tiende a decaer; y a mayor dosificación del estabilizante (Cal) el límite plástico tiende a aumentar; así como también se determinó que el índice de plasticidad tiende a decaer de acuerdo a los 3 ensayos realizados (Adición de cal: 1.5%, 2.5% y 3.5%).

En la tabla 21 se muestra el contenido de humedad de la composición del suelo y la adición de los 3 tipos de ensayos realizados. El ensayo de análisis de humedad se realizó bajo la norma ASTM D 2216 y MTC E 108.

Tabla 21. Análisis del contenido de humedad de la composición de cal y suelo a través de los diferentes ensayos.

CALICATA	CONTENIDO DE HUMEDAD	ENSAYO 1.5%	ENSAYO 2.5%	ENSAYO 3.5%
C - 04	Humedad	25.98	24.33	22.74%

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos (UNS – EPIC).

En la tabla 22 se muestra la clasificación del tipo de suelo, de acuerdo a la composición de suelo y la adición de cal, mediante 3 tipos de ensayos.

Tabla 22. Clasificación del suelo de la composición de cal y suelo a través de los diferentes ensayos.

CALICATA	CLASIFICACIÓN	ENSAYO 1.5%	ENSAYO 2.5%	ENSAYO 3.5%
C – 04	SUCS	CL	CL	CL
	AASHTO	A-4 (5)	A-4 (4)	A-4 (3)

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional del Santa.

Luego de realizar el análisis físico de la composición del suelo realizado en el laboratorio, se procedió con el análisis mecánico.

Tabla 23. Proctor Modificado para obtener la variación de la máxima densidad seca según las dosificaciones de cal

CALICATA	CLASIFICACIÓN	ENSAYO 1.5%	ENSAYO 2.5%	ENSAYO 3.5%
C – 04	Contenido de humedad (%)	20.50	20.82	21.6
	Máxima densidad seca (gr/cc)	1.655	1.61	1.581

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos (UNS – EPIC).

En la figura 11 se muestra las variaciones de la máxima densidad seca de la muestra (gr/cm<sup>3</sup>) y su óptimo contenido de humedad (%), de acuerdo a la adición de cal.

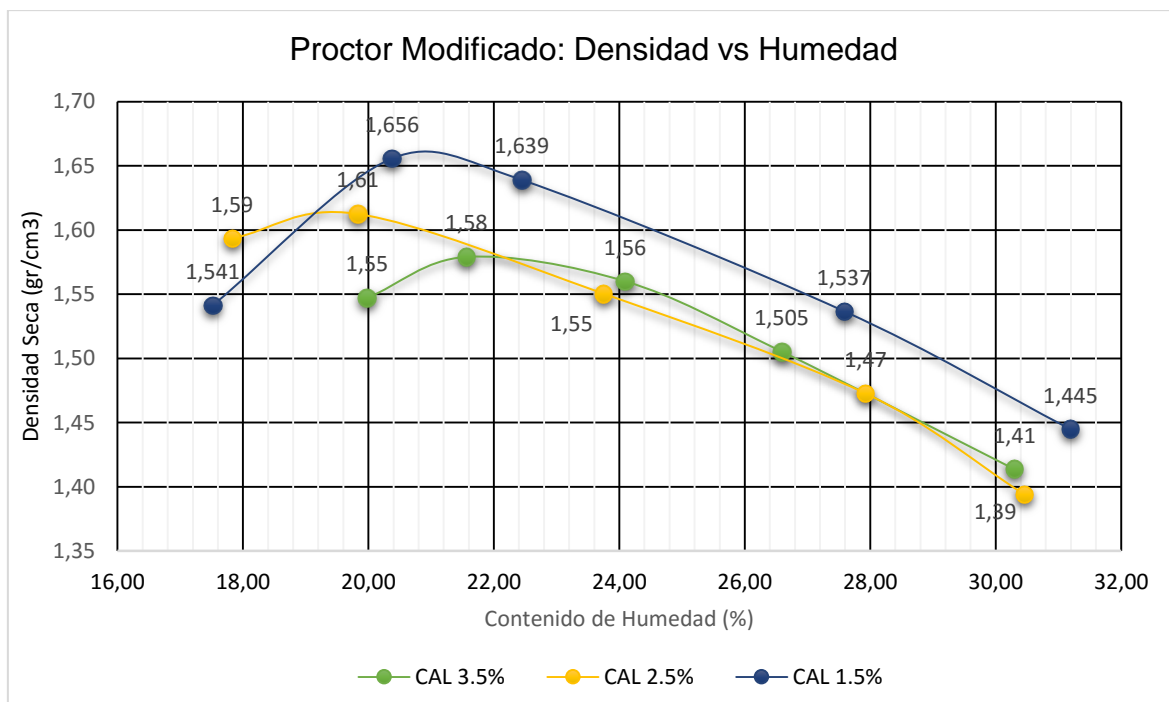


Figura 11. Variación de la máxima densidad de acuerdo a las dosificaciones de cal

En la tabla 24 se muestra el análisis Relación de Soporte de California (C.B.R), que se realizó a la estabilización del suelo mediante las dosificaciones de cal.

Tabla 24. Relación de soporte de california para la evaluación de la máxima densidad seca del suelo mediante la estabilización con cal.

C.B.R./ C – 04	DOSIFICACIÓN CAL (1.5%)		DOSIFICACIÓN CAL (2.5%)		DOSIFICACIÓN CAL (3.5%)	
	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Penetración (")						
C.B.R (%)	9.99	7.44	15.05	11.40	13.75	11.25
Máxima Densidad Sea (%)	1.655	1.655	1.61	1.61	1.581	1.581

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos (UNS – EPIC).

De acuerdo a la tabla 24 se puede apreciar los valores de la máxima densidad seca, con las diferentes dosificaciones de cal (1.5%, 2.5% y 3.5%), teniendo como resultado a través del ensayo de Soporte de Relación de California (C.B.R), los diferentes puntos de resistencia de

penetración del suelo estabilizado mediante la dosificación de cal a través de diferentes ensayos, teniendo a un C.B.R de 11.40% y con una Máxima Densidad Seca de 1.61 g/cm<sup>3</sup> a una dosificación de 2.5% de cal, lo que indica que la muestra está estabilizada con esa cantidad de dosificación del estabilizante (Cal).

### **Estabilización del suelo mediante cenizas volátiles de cascarilla de arroz**

La estabilización mediante cenizas volátiles de cascarilla de arroz (C.C.A), fue analizada mediante los ensayos de caracterización física y mecánica.

En la tabla 25 se muestra la composición del suelo y cenizas volátiles de cascarillas de arroz, para su estabilización mediante la dosificación de este estabilizante.

Tabla 25. Composición de mezcla de suelo extraído y cenizas volátiles de cascarillas de arroz para evaluar la estabilización de la muestra.

CALICATA	COMPOSICIÓN	ENSAYO	ENSAYO	ENSAYO
		I	II	III
C - 04	C.C.A	1.5%	2.5%	3.5%
	Suelo	98.5%	97.5%	96.5%

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos (UNS – EPIC).

Luego se realiza el análisis granulométrico de la composición de suelo y cenizas volátiles de cascarilla de arroz (C.C.A), a través de sus diferentes dosificaciones.

En la tabla 26 se muestran los límites de consistencia del suelo estabilizado mediante la dosificación de cenizas volátiles de cascarilla de arroz (C.C.A).

Tabla 26. Análisis de los límites de consistencia de la composición de C.C.A y suelo a través de los diferentes ensayos

CALICATA	LIMITES DE CONSITENCIA	ENSAYO I	ENSAYO II	ENSAYO III
C – 04	Límite Líquido	49.72%	43.52%	42.47%
	Límite Plástico	25.10%	29.55%	30.22%
	Índice Plasticidad	<b>24.62%</b>	<b>13.98%</b>	<b>12.25%</b>

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos (UNS – EPIC).

El ensayo para determinar el contenido de humedad se realizó según la norma MTC E 108.

En la tabla 27 se muestra el contenido de humedad de la composición de suelo y dosificaciones de cenizas volátiles de cascarilla de arroz (C.C.A),

Tabla 27. Análisis del contenido de humedad de la composición de C.C.A y suelo a través de los diferentes ensayos.

CALICATA	CONTENIDO DE HUMEDAD	ENSAYO 1.5%	ENSAYO 2.5%	ENSAYO 3.5%
C – 04	Humedad	<b>26.64%</b>	<b>25.14%</b>	<b>24.67%</b>

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos (UNS – EPIC).

Según los parámetros definidos anteriormente, se clasifica el tipo de suelo, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

En la tabla 28 se muestra la clasificación del tipo de suelo, de acuerdo a su dosificación de cenizas de cascarilla de arroz, mediante los diferentes ensayos.

Tabla 28. Clasificación del suelo de la composición de cenizas volátiles de cascarilla de arroz y suelo a través de los diferentes ensayos.

CALICATA	CLASIFICACIÓN	ENSAYO 1.5%	ENSAYO 2.5%	ENSAYO 3.5%
C - 04	SUCS	<b>CL</b>	<b>CL</b>	<b>CL</b>
	AASHTO	<b>A-6 (8)</b>	<b>A-6 (7)</b>	<b>A-4 (6)</b>

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos (UNS – EPIC).

Luego de realizar los ensayos de características físicas del suelo estabilizado, se realiza los ensayos de características mecánicas.

En la tabla 29 se muestra los resultados del contenido de humedad y la máxima densidad seca mediante el ensayo Proctor Modificado, realizado a los diferentes ensayos realizados al suelo estabilizado a través de la dosificación de cenizas volátiles de cascarilla de arroz.

Tabla 29. Proctor Modificado para obtener la variación de la máxima densidad seca según las dosificaciones de cenizas volátiles de cascarilla de arroz.

CALICATA	CLASIFICACIÓN	ENSAYO 1.5%	ENSAYO 2.5%	ENSAYO 3.5%
C – 04	Contenido de humedad (%)	17.58	21.41	21.40
	Máxima densidad seca (gr/cc)	1.632	1.618	1.598

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos (UNS – EPIC).

En la figura 12 se muestra la variación de la máxima densidad seca de la muestra (gr/cm<sup>3</sup>) y su óptimo contenido de humedad (%), de acuerdo a la adición de cenizas volátiles de cascarilla de arroz.

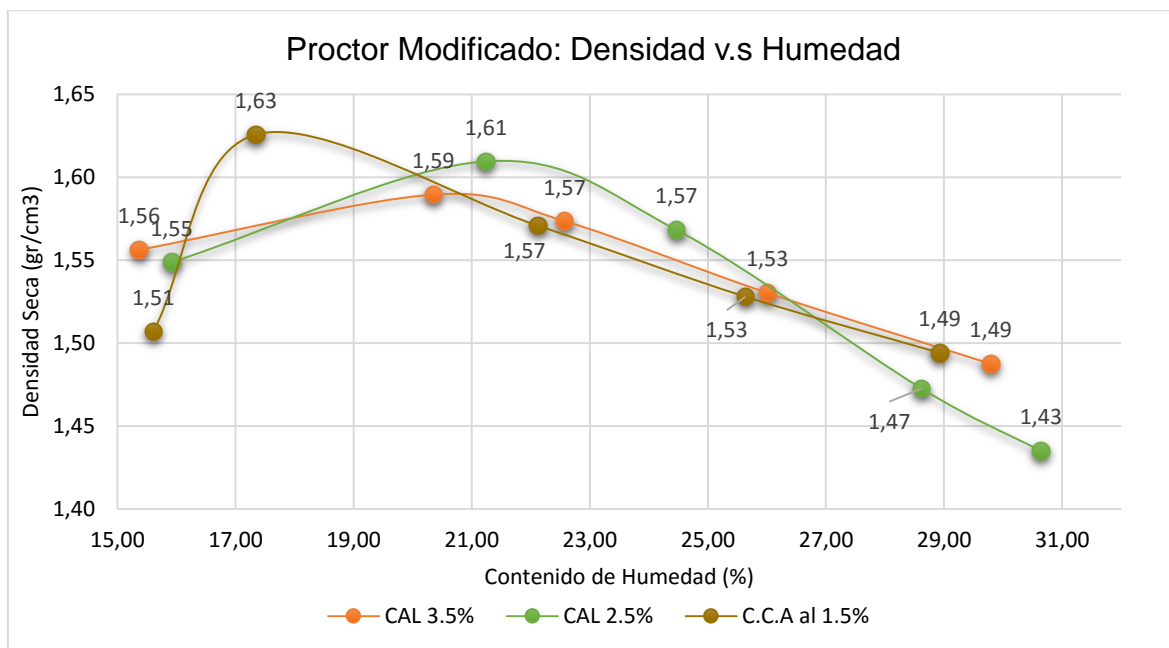


Figura 12. Variación de la máxima densidad de acuerdo a las dosificaciones de Bagazo de Caña de Azúcar (C.C.A)

En la tabla 30 se muestra los valores de la máxima densidad seca, con las diferentes dosificaciones de cenizas volátiles de cascarilla de arroz (1.5%, 2.5% y 3.5%), teniendo como resultado a través del ensayo de Soporte de Relación de California (C.B.R), los diferentes puntos de resistencia de penetración del suelo estabilizado mediante la dosificación de cenizas volátiles de cascarilla de arroz a través de diferentes ensayos.

Tabla 30. Relación de soporte de california para la evaluación de la máxima densidad seca del suelo mediante la estabilización con C.C.A.

C.B.R./ C – 04	DOSIFICACIÓN C.C.A (1.5%)		DOSIFICACIÓN C.C. A (2.5%)		DOSIFICACIÓN C.C.A (3.5%)	
	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Penetración (")	9.28	7.04	12.20	11.04	11.55	10.18
C.B.R (%)	1.632	1.632	1.618	1.618	1.598	1.598
Máxima Densidad Seca (g/cm3)						

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos (UNS – EPIC).

Lo resultados de la estabilización del suelo mediante las dosificaciones de cenizas volátiles de cascarilla de arroz, sobre el suelo extraído, se muestra en la tabla 29., donde se puede observar que de acuerdo al C.B.R (11.04%) y a la Máxima Densidad Seca (1.618%) se necesita una dosificación de 2.5% de cenizas volátiles de cascarilla de arroz para tener un tipo de suelo estabilizado.

### **Estabilización del suelo mediante bagazo de caña de azúcar**

La estabilización mediante bagazo de caña de azúcar (B.C.A), fue analizada mediante los ensayos de caracterización física y mecánica.

En la tabla 31 se muestra la composición del suelo y bagazo de caña de azúcar, para su estabilización mediante la dosificación de este estabilizante.

Tabla 31. Composición de mezcla de suelo extraído y cenizas volátiles de cascarillas de arroz para evaluar la estabilización de la muestra.

CALICATA	COMPOSICIÓN	ENSAYO	ENSAYO	ENSAYO
		I	II	III
C – 04	B.C.A	1.5%	2.5%	3.5%
	Suelo	98.5%	97.5%	96.5%

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos (UNS – EPIC).

Luego se realiza el análisis granulométrico de la composición de suelo y bagazo de caña de azúcar (B.C.A), a través de sus diferentes dosificaciones.

En la tabla 31 se muestran los límites de consistencia del suelo estabilizado mediante la dosificación de bagazo de caña de azúcar (B.C.A).



Tabla 32. Análisis de los límites de consistencia de la composición de B.C.A y suelo a través de los diferentes ensayos

CALICATA	LIMITES DE CONSITENCIA	ENSAYO I	ENSAYO II	ENSAYO III
	Límite Líquido	50.83%	44.44%	43.01%
C – 04	Límite Plástico	24.37%	28.21%	29.87%
	Índice Plasticidad	<b>26.46%</b>	<b>16.23%</b>	<b>13.14%</b>

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos (UNS-EPIC).

El ensayo para determinar el contenido de humedad se realizó según la norma MTC E 108.

En la tabla 33 se muestra el contenido de humedad de la composición de suelo y dosificaciones de bagazo de caña de azúcar (B.C.A).

Tabla 33. Análisis del contenido de humedad de la composición de B.C.A y suelo a través de los diferentes ensayos.

CALICATA	CONTENIDO DE HUMEDAD	ENSAYO 1.5%	ENSAYO 2.5%	ENSAYO 3.5%
C – 04	Humedad	<b>26.62%</b>	<b>25.60%</b>	<b>24.73%</b>

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos (UNS-EPIC).

Según los parámetros definidos anteriormente, se realiza la clasificación del tipo de suelo, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

En la tabla 34 se muestra la clasificación del tipo de suelo, de acuerdo a su dosificación de bagazo de caña de azúcar, mediante los diferentes ensayos.

Tabla 34. Clasificación del suelo de la composición de bagazo de caña de azúcar y suelo a través de los diferentes ensayos.

CALICATA	CLASIFICACIÓN	ENSAYO 1.5%	ENSAYO 2.5%	ENSAYO 3.5%
C – 04	SUCS	<b>CL</b>	<b>CL</b>	<b>CL</b>
	AASHTO	<b>A-6 (7)</b>	<b>A-6 (6)</b>	<b>A-4 (5)</b>

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos (UNS-EPIC).

Luego de realizar los ensayos de características físicas del suelo estabilizado, se realiza los ensayos de características mecánicas.

En la tabla 35 se muestra los resultados del contenido de humedad y la máxima densidad seca mediante el ensayo Proctor Modificado, realizado a los diferentes ensayos realizados al suelo estabilizado a través de la dosificación de bagazo de caña de azúcar.

Tabla 35. Proctor Modificado para obtener la variación de la máxima densidad seca según las dosificaciones de bagazo de caña de azúcar.

CALICATA	CLASIFICACIÓN	ENSAYO 1.5%	ENSAYO 2.5%	ENSAYO 3.5%
C – 04	Contenido de humedad (%)	20.1	20.05	21.02
	Máxima densidad seca (gr/cc)	1.668	1.62	1.595

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos (UNS-EPIC).

En la figura 13 se muestra las variaciones de la máxima densidad seca de la muestra (gr/cm<sup>3</sup>) y su óptimo contenido de humedad (%), de acuerdo a la adición de bagazo de caña de azúcar.

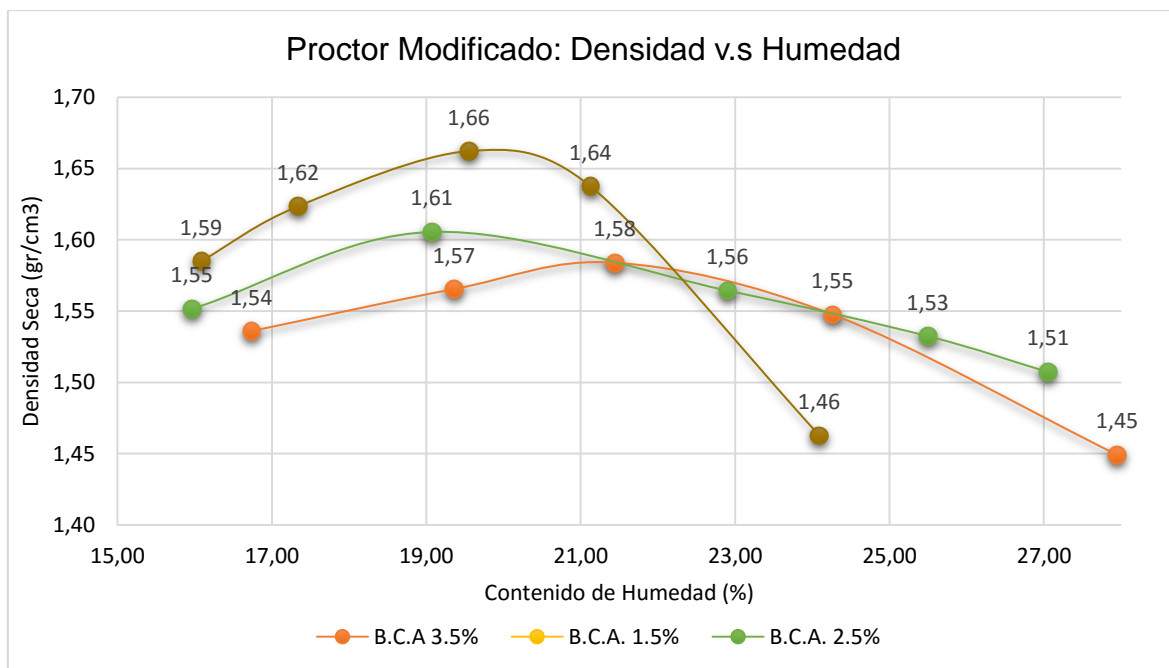


Figura 13. Variación de la máxima densidad de acuerdo a las dosificaciones de Bagazo de Caña de Azúcar (B.C.A)

En la tabla 36 se muestra los valores de la máxima densidad seca, con las diferentes dosificaciones de bagazo de caña de azúcar (1.5%, 2.5% y 3.5%), teniendo como resultado a través del ensayo de Soporte de Relación de California (C.B.R), los diferentes puntos de resistencia de penetración del suelo estabilizado mediante la dosificación de bagazo de caña de azúcar a través de diferentes ensayos.

Tabla 36. Relación de soporte de california para la evaluación de la máxima densidad seca del suelo mediante la estabilización con B.C.A.

C.B.R./ C – 04	DOSIFICACIÓN 1.5%		DOSIFICACIÓN 2.5%		DOSIFICACIÓN 3.5%	
	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
Penetración ("	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
C.B.R (%)	9.38	6.95	13.70	10.80	11.82	10.13
Máxima Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.668	1.668	1.620	1.620	1.595	1.595

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos (UNS-EPIC).

De acuerdo a la tabla 36 se puede apreciar los valores de la máxima densidad seca, con las diferentes dosificaciones de bagazo de caña de azúcar (1.5%, 2.5% y 3.5%), teniendo como resultado a través del ensayo de Soporte de Relación de California (C.B.R), los diferentes puntos de resistencia de penetración del suelo estabilizado mediante la dosificación de bagazo de caña de azúcar a través de diferentes ensayos, teniendo a un C.B.R de 10.80% y con una Máxima Densidad Seca de 1.62 g/cm<sup>3</sup> a una dosificación de 2.5% de bagazo de caña de azúcar, lo que indica que la muestra está estabilizada con esa cantidad de dosificación del estabilizante (B.C.A).

**Agente estabilizante que tiene mayor influencia en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del suelo.**

A continuación se realiza la discriminación del material, mediante el ensayo Relación de Soporte de California (C.B.R), para determinar el material que mejor atenué los efectos de plasticidad del suelo extraído del tramo de la carretera, teniendo como valores a los resultados del C.B.R y de la Máxima Densidad Seca, obtenidos por las dosificaciones (1.5%, 2.5% y 3.5%) de los agentes estabilizantes propuestos en la investigación y los cuales fueron aplicados al suelo extraído.

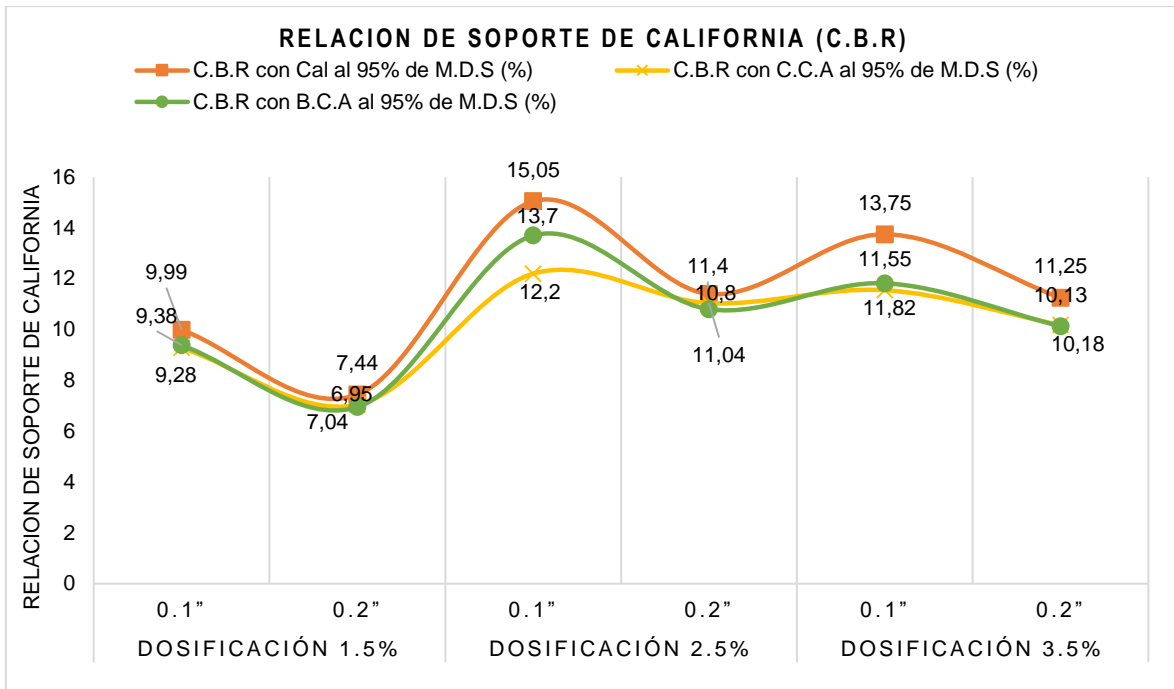


Figura 14. Variación de la Relación de Soporte de California en la estabilización del suelo mediante dosificaciones de 1.5%, 2.5% y 3.5%.

De la figura 14 se muestra la variación de Relación de Soporte de California (C.B.R), de acuerdo a las dosificaciones de cal, cenizas volátiles de cascarilla de arroz y bagazo de caña de azúcar al (1.5%, 2.5% y 3.5%), donde se selecciona a la cal como el mejor agente estabilizante debido a que se tiene un C.B.R de 11.40% y una Máxima Densidad Seca de 1.61 g/cm<sup>3</sup>.

**4.1.3. Determinar el mejor agente estabilizante que aseguren un aumento de las propiedades físicas y mecánicas de la muestra patrón.**

De acuerdo a la discriminación realizada en el análisis anterior, sobre los tres tipos de elementos estabilizantes: Cal, Cenizas volátiles de cascarilla de arroz y Bagazo de caña de azúcar, mediante el ensayo Relación de Soporte de California (C.B.R), se eligió al elemento estabilizante de cal por obtener una mayor C.B.R.

A continuación se va a realizar la evaluación de la plasticidad entre el suelo en su estado natural y el suelo con la agregación del agente estabilizante (2.5% de Cal). La clasificación del tipo de suelo se determinó según la clasificación SUCS y AASHTO.

Tabla 37. Resultados de ensayos del suelo con cal al 0% (Suelo natural).

LIMITES DE CONSISTENCIA	CAL 0%
Límite Líquido	54.29%
Límite Plástico	24.38%
Índice Plasticidad	<b>29.91%</b>
Clasificación SUCS	<b>CL</b>
Clasificación AASHTO	<b>A-6 (8)</b>
Proctor Modificado	
Máxima densidad seca	<b>1.694 g/cm<sup>3</sup></b>
Contenido de humedad	<b>16.94%</b>
Ensayo C.B.R	
Máxima densidad seca	<b>1.654 g/cm<sup>3</sup></b>
Máxima densidad seca (95%)	<b>1.609 g/cm<sup>3</sup></b>
C.B.R de diseño 95%	<b>3.21%</b>

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos (UNS-EPIC).

En la Tabla 37 se muestra los resultados obtenidos, de acuerdo a los análisis de caracterización física y caracterización mecánica de la muestra en estado natural, sin adicionar ningún estabilizante.

Tabla 38. Resultados de ensayos del suelo con cal al 1.5%.

<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	<b>CAL 1.5%</b>
Límite Líquido	48.47%
Límite Plástico	26.22%
Índice Plasticidad	<b>22.25%</b>
Clasificación SUCS	<b>CL</b>
Clasificación AASHTO	<b>A-4 (5)</b>
<b>Proctor Modificado</b>	
Máxima densidad seca	<b>1.655 gr/cm<sup>3</sup></b>
Contenido de humedad	<b>20.50%</b>
<b>Ensayo C.B.R</b>	
Máxima densidad seca	<b>1.687 g/cm<sup>3</sup></b>
Máxima Densidad Seca (95%)	<b>1.572 g/cm<sup>3</sup></b>
C.B.R de diseño 95%	<b>7.44%</b>

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos (UNS-EPIC).

En la Tabla 38 se muestra los resultados obtenidos, de acuerdo a los análisis de caracterización física y caracterización mecánica de la muestra con la adición del agente estabilizante (1.5% de Cal).

Tabla 39. Resultados de ensayos del suelo con cal al 2.5%.

<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	<b>CAL 2.5%</b>
Límite Líquido	42.74%
Límite Plástico	30.99%
Índice Plasticidad	<b>11.75%</b>
Clasificación SUCS	<b>CL</b>
Clasificación AASHTO	<b>A-4 (4)</b>
<b>Proctor Modificado</b>	
Máxima densidad seca	<b>1.61 g/cm<sup>3</sup></b>
Contenido de humedad	<b>20.82%</b>
<b>Ensayo C.B.R</b>	
Máxima densidad seca	<b>1.61 g/cm<sup>3</sup></b>
Máxima Densidad Seca (95%)	<b>1.529 g/cm<sup>3</sup></b>
C.B.R de diseño 95%	<b>11.40%</b>

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos (UNS-EPIC).

En la Tabla 39 se muestra los resultados obtenidos, de acuerdo a los análisis de caracterización física y caracterización mecánica de la muestra con la adición del agente estabilizante (2.5% de Cal).



Tabla 40. Resultados de ensayos del suelo con cal al 3.5%.

<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	<b>CAL 3.5%</b>
Límite Líquido	42.30%
Límite Plástico	31.32%
Índice Plasticidad	<b>10.98%</b>
Clasificación SUCS	<b>CL</b>
Clasificación AASHTO	<b>A-4 (3)</b>
<b>Proctor Modificado</b>	
Máxima densidad seca	<b>1.581 g/cm<sup>3</sup></b>
Contenido de humedad	<b>21.60%</b>
<b>Ensayo C.B.R</b>	
Máxima densidad seca	<b>1.581 g/cm<sup>3</sup></b>
C.B.R de diseño 95%	<b>11.25%</b>

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos (UNS-EPIC).

En la Tabla 40 se muestra los resultados obtenidos, de acuerdo a los análisis de caracterización física y caracterización mecánica de la muestra con la adición del agente estabilizante (3.5% de Cal). Luego de determinar los resultados de los diferentes ensayos, se realiza el análisis del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los ensayos realizados.

Tabla 41. Análisis del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los ensayos realizados.

% de Cal	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad	% Disminución del IP.
0%	53.63	23.65	29.98	0.00%
1.50%	48.4	26.22	22.18	26.02%
2.50%	42.74	30.99	11.75	60.81%
3.50%	42.3	31.32	10.98	63.38%

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos (UNS-EPIC).

En la Tabla 41 se muestra el análisis de caracterización física de la muestra, donde se analizó los límites de consistencia de la muestra en su estado natural y con la adición del agente estabilizante (Cal) en su diferentes cantidades (1.5%, 2.5% y 3.5%).

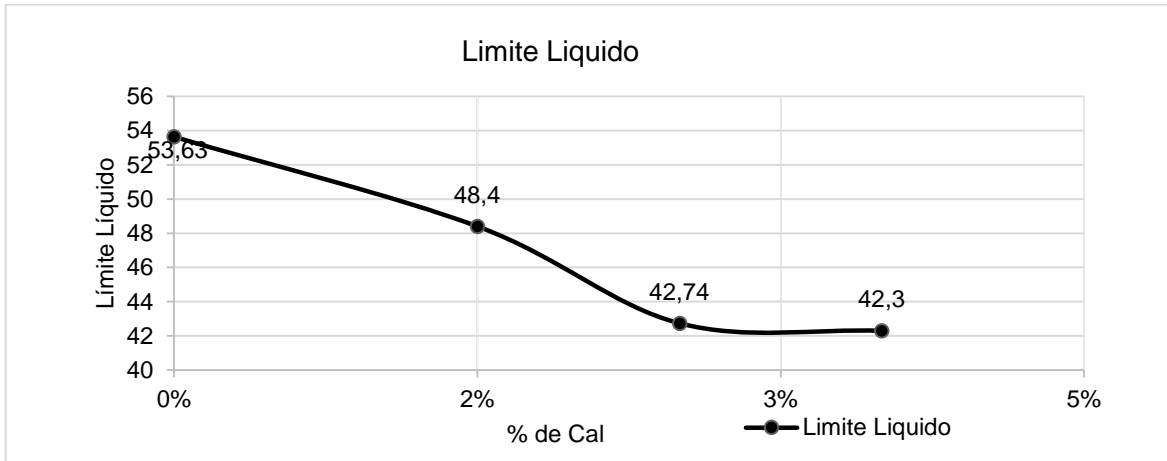


Figura 15. Comportamiento del límite líquido mediante las dosificaciones de cal

En la Figura 15, se muestra el comportamiento del límite líquido de las muestra en su estado natural y con la adición del agente estabilizante (Cal) en sus diferentes cantidades (1.5%, 2.5% y 3.5%), la cual evidencian que el límite líquido se va reduciendo de acuerdo a mayor adición de agente estabilizante, pero al pasar de 2.5% la curva tiende a estabilizarse, debido a que el suelo ya se encuentra estabilizado.

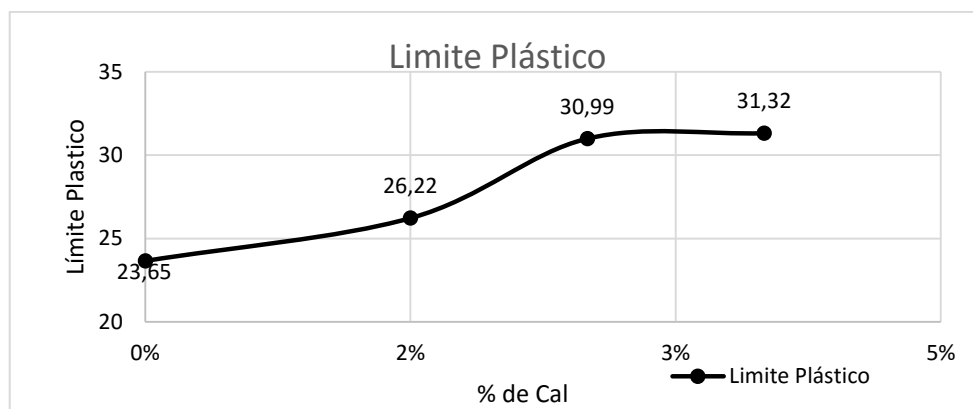


Figura 16. Comportamiento del límite plástico mediante las dosificaciones de cal

En la Figura 16, se muestra el comportamiento del límite plástico de las muestra en su estado natural y con la adición del agente estabilizante (Cal) en sus diferentes cantidades (1.5%, 2.5% y 3.5%), la cual evidencian que el limite plástico se va incrementando a mayor adición de agente estabilizante, pero al pasar de 2.5% la curva tiende a estabilizarse, debido a que el suelo ya se encuentra estabilizado.

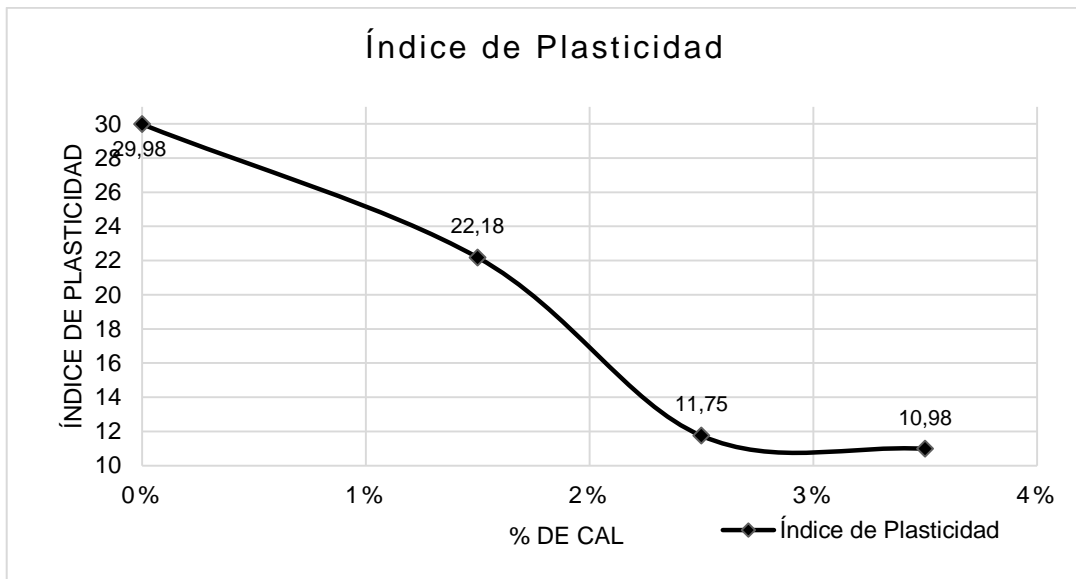


Figura 17. Análisis del índice de plasticidad mediante las dosificaciones de cal

En la Figura 17 se muestra el comportamiento del índice de plasticidad de las muestra en su estado natural y con la adición del agente estabilizante (Cal) en sus diferentes cantidades (1.5%, 2.5% y 3.5%), la cual evidencian que el índice de plasticidad tiende a bajar a mayor adición de agente estabilizante, pero al pasar de 2.5% la curva tiende a estabilizarse, debido a que el suelo ya se encuentra estabilizado.

Luego de realizar los ensayos para las características físicas, se realiza el ensayo para características mecánicas:

### **Compactación Proctor Modificado y Relación Soporte de California (C.B.R).**

Tabla 42. Ensayo para la caracterización mecánica mediante Proctor Modificado y C.B.R

% de Cal	Ds máx. (gr/cm <sup>3</sup> )	Optimo Contenido de Humedad (%)	C.B.R de diseño	% de Variación de C.B.R.
0%	1.694	16.95	3.21	0.00%
1.50%	1.655	20.5	7.44	176.58%
2.50%	1.61	20.821	11.40	323.79%
3.50%	1.581	21.60	11.25	318.22%

Fuente: Elaboración propia, basado en los ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos (UNS-EPIC).

En la Tabla 42 se muestra el análisis de caracterización mecánica de la muestra, donde se analizó mediante el Proctor Modificado y la Relación de Soporte de California (C.B.R.) la muestra en su estado natural y con la adición del agente estabilizante (Cal) en su diferentes cantidades (1.5%, 2.5% y 3.5%).

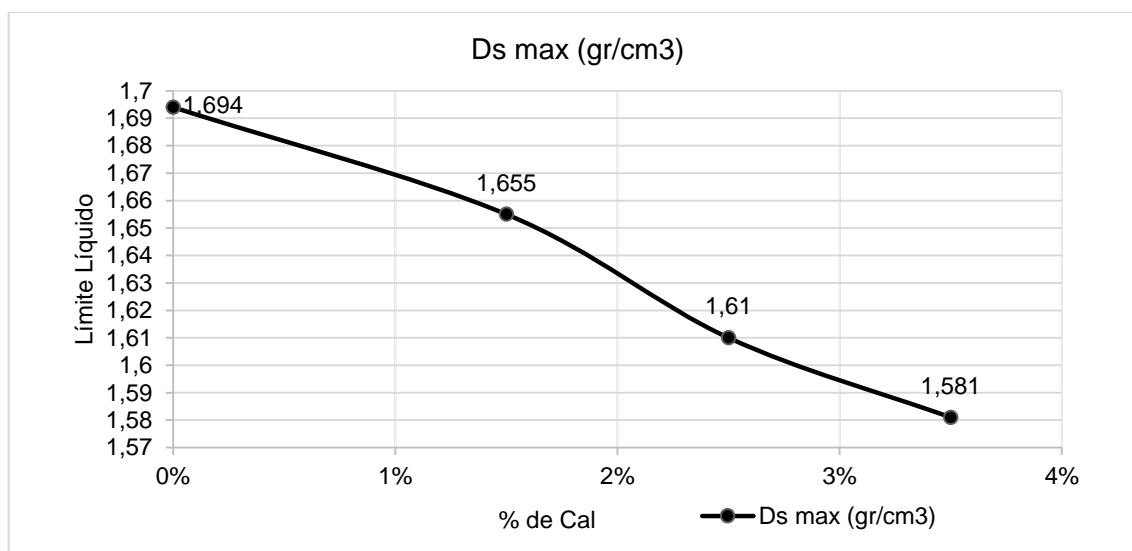


Figura 18. Análisis del comportamiento de la Máxima Densidad Seca mediante la dosificación de cal.

En la Figura 18 se muestra el comportamiento de la máxima densidad seca de las muestra en su estado natural y con la adición del agente estabilizante (Cal) en sus diferentes cantidades (1.5%, 2.5% y 3.5%), la cual evidencian que la máxima densidad seca tiende a bajar a mayor adición de agente estabilizante,

pero al pasar de 2.5% la curva tiende a estabilizarse, debido a que el suelo ya se encuentra estabilizado.

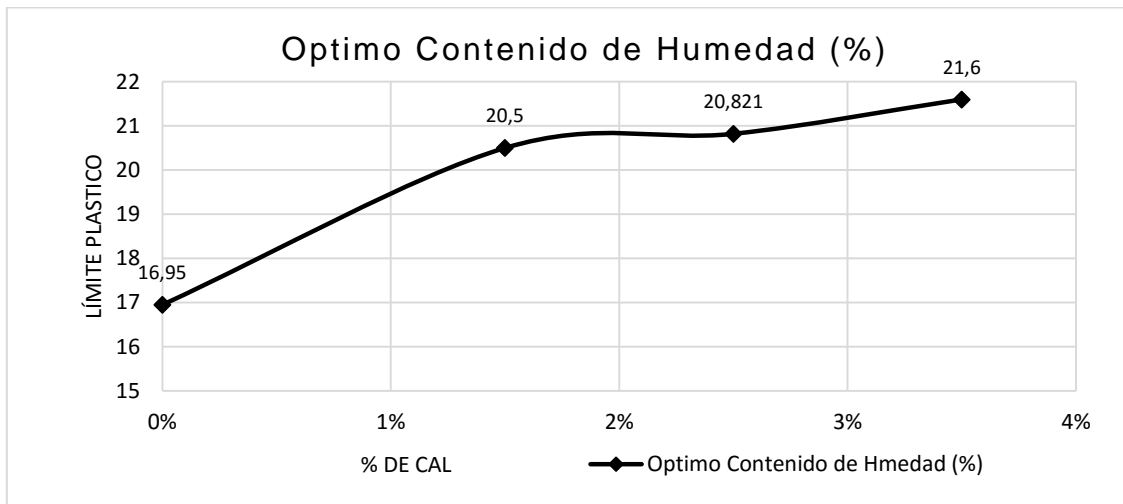


Figura 19. Análisis del comportamiento del Óptimo contenido de humedad mediante las dosificaciones de cal.

En la Figura 19 se muestra el comportamiento del Optimo contenido de Humedad de las muestra en su estado natural y con la adición del agente estabilizante (Cal) en sus diferentes cantidades (1.5%, 2.5% y 3.5%), la cual evidencian que el Optimo contenido de Humedad tiende a incrementar a mayor adición de agente estabilizante, pero al pasar de 2.5% la curva tiende a estabilizarse, debido a que el suelo ya se encuentra estabilizado.

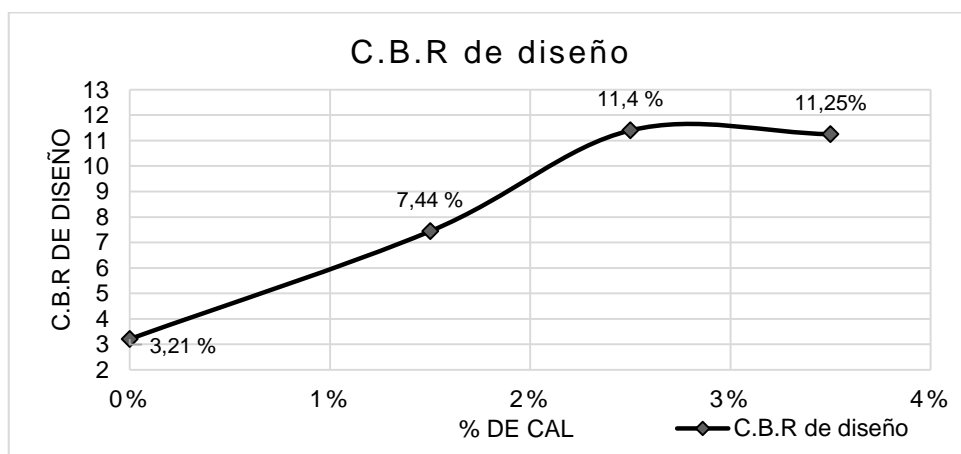


Figura 20. Análisis del comportamiento del Relación Soporte de California (C.B.R), mediante las dosificaciones de cal

En la Figura 20 se muestra el comportamiento de la Relación de Soporte de California (C.B.R) de las muestra en su estado natural y con la adición del agente estabilizante (Cal) en sus diferentes cantidades (1.5%, 2.5% y 3.5%), la cual evidencian que la Relación de Soporte de California (C.B.R) tiende a incrementar a mayor adición de agente estabilizante, pero al pasar de 2.5% la curva tiende a estabilizarse, debido a que el suelo ya se encuentra estabilizado.

## 4.2. DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos en el trabajo de investigación, se puede determinar que al aplicar agentes estabilizantes en diferentes dosificaciones (1.5%, 2.5% y 3.5%) al suelo en su estado natural se logra estabilizar el tipo de suelo, atenuando así los efectos de plasticidad del material de la subrasante de la carretera Cáceres del Perú – Tara Distrito de Cáceres del Perú – Santa Ancash - 2017., donde se obtuvo un tipo de suelo en sus estado natural con un C.B.R. 3.21, con la dosificación a 1.5% de cal un C.B.R. 7.44, con una dosificación de 2.5% un C.B.R. 11.40, y con una dosificación de 3.5% de cal un C.B.R. 11.25 con una disminución del índice de plasticidad de 29.98% a 11.75% teniendo una variación que decae el índice de plasticidad en 60.81%, este estudio se pudo comparar con el investigador Jara, R. (2014) en el efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso, presentó experimentos de dosificación de cal (0%, 2%, 4% y 6%), que se le agrega al tipo de suelo arcilloso, a través de la caracterización física y caracterización mecánica de la muestra obtuvo que la muestra en sus estado natural (0% Cal) tuvo un C.B.R., de 2.55, con 2% de dosificación de cal un C.B.R., de 7.50, con dosificación de 4% de Cal un C.B.R., de 11.48, y con 6% de dosificación de Cal un C.B.R., de 10.75., determinando a la dosificación que logra una atenuación del índice de plasticidad de la subrasante, es la proporción de 4% de Cal, debido a que el C.B.R., en esta proporción tiene el punto más alto, evidenciando que el suelo ya está estabilizado, y en 6% de Cal el suelo empieza a decaer la curva del C.B.R., reduciendo el índice de plasticidad de 36.87 a 9.56 con un porcentaje que decae el índice de plasticidad 74.97%, teniendo datos similares a la presente investigación verificando la similitud con otro trabajos citados y que dan soporte a la fiabilidad de esta investigación.

Al realizar el estudio granulométrico del suelo en estado natural, se pudo determinar los siguientes parámetros de comportamiento de las cuatro calicatas de estudio, luego de hacer un estudio detallado se pudo observar que la calicata C – 04, fue la más crítica, teniendo los límites de consistencia: limite líquido (LL) de 54.29%, límite plástico (LP) de 24.38% e índice de plasticidad (IP) de 29.91%,

asimismo un contenido de humedad de 30.81%, de lo cual se pudo determinar que de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), el tipo de suelo de la calicata C – 04, según Crespo, C. (2004), p. 89, define este tipo de suelo como limo arcilloso y de acuerdo a la asociación americana de oficiales de carreteras estatales y transporte (AASHTO), el tipo de suelo de la calicata C – 04 fue A – 6, según Braja, D. (2012), p. 18, en la tabla de principios de ingeniería de sedimentaciones, para el trabajo de investigación y con el uso de los ensayos para la características físicas los cuales estuvieron bajo las normas de la clasificación SUCS y AASHTO, ASTM D4318, D421 y MTC E 204, 111, 112 en sus estado natural, es CL: Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres; del mismo modo se realizó la caracterización mecánica del suelo en su estado natural mediante el ensayo de compactación (Proctor Modificado), se desarrolló mediante la norma ASTM D1557 y MTC 116, para lo cual se continuó con el análisis a la misma calicata, donde se obtuvo la máxima densidad seca de 1.694 g/cm<sup>3</sup> y el óptimo contenido de humedad de 16.95, así mismo se realizó el ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R), desarrollado mediante la norma ASTM D1883 y MTC E132., donde se obtuvo un CBR al 95% de 3.21%.

Al adicionar los diferentes agentes estabilizantes en la muestra de estudio que se utilizó para desarrollar este trabajo de investigación (cal, cenizas de cascarilla de arroz y bagazo de caña de azúcar) en sus diferentes dosificaciones (1.5%, 2.5% y 3.5%) se logra mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo debido a que mayor es la dosificación del agente estabilizante las propiedades físicas y mecánicas van experimentado mejoras en su estructura, según Caamaño, I. (2016) en su trabajo de investigación “Mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resiliente, por parte de su especialización de ingeniería de pavimentos”, en su trabajo de investigación presento los datos de la caracterización física que aplico a la muestra en estudio, donde aplicó los límites de Atterberg para su respectiva evaluación, donde obtuvo el limite liquido 33%, limite plástico 22%, índice de plasticidad 11%, contenido de humedad 12%; Así mismo realizó la caracterización mecánica a la muestra para lo cual utilizó el método de



compactación (Proctor modificado) donde obtuvo una máxima densidad seca 17.60 kN/m<sup>2</sup> y un óptimo contenido de humedad 18.40%; luego de tener la caracterización física y mecánica de la muestra se procedió al mezclado del suelo en su estado natural con adición de ceniza de cascarilla de arroz a 2%, 4% y 6% de proporción respecto al suelo, con el fin de generar una capa de soporte más estable para la conformación de una estructura de pavimento, Se encontró, que el límite líquido tuvo una disminución del 6,1% al adicionarle el 2% de CCA, mientras que entre el 2% y 4% de la adición del agente modificador, se obtuvo un aumento del 6,5%; finalmente para el porcentaje de 6% de CCA, no hubo variación del límite líquido, El límite plástico por su lado, para las 3 adiciones de ceniza de cascarilla de arroz hubo aumentos de 4,5%, 13% y 3,8% paulatinamente. Del mismo modo, el índice de plasticidad tuvo una disminución del 27,3% cuando se le adicionó el 2%, una reducción de la plasticidad del 12,5% para el 4% de Cenizas de Cascarilla de Arroz y una disminución de 14,3% para la última adición. El autor obtuvo los valores máximos de reducción de la plasticidad entre el 0% y el 6% de adición de Cenizas de Cascarillas de Arroz, demostrando así que al agregar agentes estabilizantes en un suelo inestable tiene un efecto positivo sobre las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

Al agregar una dosificación de 2.5% de cal en el tipo de suelo, se logra atenuar el efecto de plasticidad, en concordancia con el estudio del investigador, Gutiérrez, C. (2010) en su trabajo de investigación "Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (Bischofita) frente al cloruro de calcio", en la cual detalla las principales sales que han sido estudiadas, con fines de estabilización de carreteras, tales como el cloruro de potasio, el cloruro de magnesio, el cloruro de bario, el nitrato de sodio, el carbonato de sodio, el cloruro de calcio, el cloruro de sodio, entre otros; sin embargo y por razones económicas, solo algunas de las sales antes mencionadas han podido ser aplicadas como aditivo en la estabilización de carreteras, por ello el mencionado autor recomienda utilizar la cal para estabilizar el material de sub rasante, analizando las ventajas técnicas, económicas y ambientales, producto que se intenta introducir para estabilizar carreteras en el Perú frente al empleo del cloruro de calcio, ampliamente conocido en el país.

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

El uso de la cal, cenizas volátiles de cascarilla de arroz y cenizas de bagazo de caña de azúcar como agentes estabilizadores tienen una influencia positiva en la composición física y mecánica de los suelos, teniendo como al mejor agente estabilizante a la cal, debido a que éste logra reducir el índice de plasticidad en 63.38%, así mismo incrementa la relación de soporte de california (CBR) en 323.79%.

De acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos se obtuvo un tipo de suelo CL: arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas limosas, arcillas pobres, de acuerdo al sistema unificado de suelos (SUCS) y A6 según la clasificación AASHTO.

De la caracterización física de la muestra se obtuvo los límites de consistencia según las normas MTC E 110/111, un límite líquido de 54.29%, límite plástico 24.38% y el índice de plasticidad 29.91%, así mismo se determinó el contenido de humedad según la norma MTC E 108, donde se obtuvo un contenido de humedad de 30.81%.

De la caracterización mecánica se evidenció que el tipo de suelo tiene una máxima densidad seca 1.694 g/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 16.95, con una relación de soporte de california a 0.2" de penetración un C.B.R de 3.21%.

Las dosificaciones de cal al 1.5% de adición, evidencia a 0.2" de penetración un CBR de 7.44%, las cenizas volátiles de cascarilla de arroz a 1.5% de adición, evidencia a 0.2" de penetración un CBR de 7.04%, el bagazo de caña de azúcar a 1.5% de adición evidencia a 0.2" de penetración un CBR de 6.96%.

Las dosificaciones de cal al 2.5% de adición, evidencia a 0.2" de penetración un CBR de 11.4%, las cenizas volátiles de cascarilla de arroz a 2.5% de adición, evidencia a 0.2" de penetración un CBR de 11.04%, el bagazo de caña de azúcar a 2.5% de adición evidencia a 0.2" de penetración un CBR de 10.8%.

Las dosificaciones de cal al 3.5% de adición, evidencia a 0.2" de penetración un CBR de 11.25%, las cenizas volátiles de cascarilla de arroz a 3.5% de adición, evidencia a 0.2" de penetración un CBR de 10.18%, el bagazo de caña de azúcar a 3.5% de adición evidencia a 0.2" de penetración un CBR de 10.13%.

El agente estabilizante que mejor atenúa los efectos de plasticidad de la subrasante es la cal, debido que la relación de soporte de california es mayor que los demás agentes estabilizantes, los cuales fueron experimentados en el laboratorio (cenizas volátiles de cascarilla de arroz y bagazo de caña de azúcar).

Con la adición del agente estabilizante (cal) en sus diferentes dosificaciones (1.5%, 2.5% y 3.5%) el índice de plasticidad va disminuyendo a mayor adición de cal, teniendo la mayor variación en la dosificación de 2.5%, el cual llega a un índice de plasticidad de 11.75%, teniendo una variación positiva de 60.81%.

## 5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda a futuros investigadores extender los trabajos de investigación respecto a la estabilización de suelos donde se utilice cal, cenizas volátiles de cascarilla de arroz y cenizas volátiles de bagazo de caña de azúcar, con fines de cimentación, donde se tenga como muestra otros tipos de suelos.

Se recomienda a futuros investigadores realizar trabajo que incluyan las diferentes dosificaciones de cal, cenizas volátiles de cascarilla de arroz y bagazo de caña de azúcar, que se utilizaron en este trabajo de investigación, pero utilizarlos para diferentes tipos de suelo, además hacer un mix de agentes estabilizantes, teniendo como punto de partida la ingeniería verde.

Se recomienda a los futuros investigadores realizar los ensayos de compresión no confinada y/o compresión triaxial, para determinar todos los parámetros que involucren a la resistencia al corte.

Se recomienda a futuros investigadores realizar un ensayo de corte directo a la muestra que fue adicionada agentes estabilizantes de cal, cenizas volátiles de cascarilla de arroz y bagazo de caña de azúcar, y tener así una alternativa de comparación para enriquecer la investigación.

## **CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alayo, B., & Flor, D. (2017). Aplicación del aditivo químico Conaid para atenuar la plasticidad del material granular del tramo de la carretera tauca-bambas (km 73+ 514-km 132+ 537) de la ruta nacional pe-3na.

Bañón, L., & Beviá García, J. F. (2000). Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento. Caminos II.

Berry, P., y Rey, D. (2000). Mecánica de suelos. Salford, Inglaterra: Mack Graw Hill.

Bernuy Ramírez, R. L., & Bueno Herrera, A. (2016). Estabilización de ladera con muros de contención y estudio de impacto ambiental para la protección de viviendas en el barrio de San Isidro del distrito de San Marcos-Huari, Ancash.

Braja, M. (2012). Principios de ingeniería de cimentaciones. California, Estados Unidos: International Thomson Editores.

Caamaño Murillo, I. A. (2017). Mejoramiento de un suelo blando de sub rasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resiliente (Bachelor's thesis, Universidad Militar Nueva Granada).

Carbajal, Pozo; PAUL, Davis. Influencia del aditivo cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante de la carretera tramo cruce el Porongo–Aeropuerto–Cajamarca. 2019.

Carrera, J., Loyola, E., e Iglesias, S. (2010). Impacto ambiental ocasionado por la quema de caña de azúcar en Laredo – Trujillo. Revista del Instituto de investigaciones de la facultad de geología, minas, metalurgia y ciencias geográficas, 13 (26,91-95).

Castañeda Granda, D. I. (2017). Análisis de la granulometría de la concha de abanico triturada para su uso como agregado en concretos.

CONINFRA (Congreso de Infraestructura de transporte). (Tercer congreso de infraestructura de transportes) 2009. Estabilización de suelos con cemento portland y cal hidratada en pavimentos de la región amazónica del Perú. Sao Pablo, BR. ANDIT (Asociación Nacional de Infraestructura de Transporte). 27 p.

Gutiérrez Montes, C. A. (2010). Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (Bischofita) frente al cloruro de calcio.

LEÓN, Nilson Ariel, et al. Evaluación experimental de unidades sílico-calcáreas a partir de escoria de alto horno y cal hidráulica para mampostería. *Dyna*, 2009, vol. 76, no 160, p. 247-254.

Lupaca Huichi, R. (2017). Estudio definitivo de la pavimentación de la avenida Túpac Amaru de la Municipalidad distrital de Llalli-Melgar-Puno.

Macedo Vilca, A. G. (2017). Evaluación de compatibilidad entre el cemento asfáltico pen 120/150 mejorado con un promotor de adherencia y el agregado piedra tipo (c. Leopoldo) y su efecto en la calidad y resistencia de la mezcla asfáltica en caliente, caso tramo Bambamarca-Hualgayoc de la carretera Chongoyape-Cochabamba-Cajamarca.

NATIONAL LIME ASSOCIATION, et al. Manual de estabilización de suelo tratado con cal: Estabilización y modificación con cal. *Boletín*, 2004, vol. 326.

PRADA-MATIZ, Abelardo; CASTILLO, Caroll E. Cortés. La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral. *Orinoquia*, 2010, vol. 14, no 2, p. 155-170.

PRIETO GARCÍA, Julio Omar, et al. Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la remoción de zinc en soluciones acuosas. *Centro Azúcar*, 2016, vol. 43, no 3, p. 78-83.

Rodríguez Villegas, M. A., Huayllani, T., & Adrián, F. (2016). Manual de construcción e instalación de pilotes según la práctica de empresas especializadas en el Perú.



Segura-Calderón, D. (2010). Validación del método para medición de densidades de materiales compactados mediante el uso del densímetro eléctrico.

Suárez, J. H. (2017). Validación de la ecuación para cálculo de CBR a partir de plasticidad en la UPZ Ismael Perdomo de la localidad de Ciudad Bolívar (Bachelor's thesis, Universidad Militar Nueva Granada).

TERRONES Cruz, Andrea. Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo–2018. 2019.

## **CAPITULO VII: ANEXOS**

## **ANEXOS 01: ENSAYOS DE LABORATORIO**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

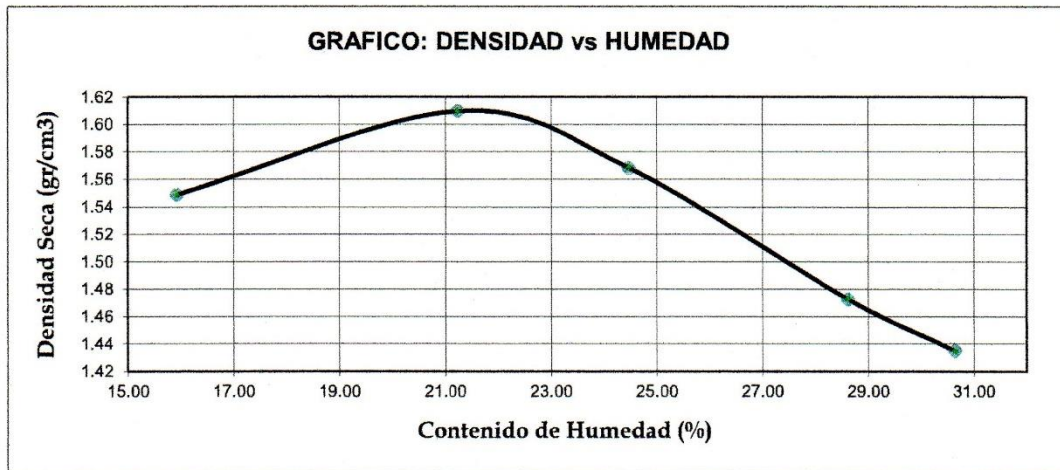
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**ENSAYO DE COMPACTACION**  
**ASTM-D1557 / METODO "B"**

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2107.00	2107.00	2107.00	2107.00	2107.00
2	Peso del molde (gr)	4204.00	4204.00	4204.00	4204.00	4204.00
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	7987.00	8316.00	8317.00	8195.00	8154.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	3783.00	4112.00	4113.00	3991.00	3950.00
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.80	1.95	1.95	1.89	1.87

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

6	Peso de la tara (gr)	26.92	25.88	26.58	27.03	25.71
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	146.78	139.75	140.42	137.82	142.27
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	130.32	119.80	118.04	113.17	114.93
9	Peso del agua (gr)	16.46	19.95	22.38	24.65	27.34
10	Peso del suelo seco (gr)	103.40	93.92	91.46	86.14	89.22
11	Contenido de humedad (%)	15.92	21.24	24.47	28.62	30.64
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.55	1.61	1.57	1.47	1.43



<b>Máxima Densidad Seca</b>	:	<b>1.618 gr/cm3</b>
<b>Contenido de Humedad</b>	:	<b>21.41 %</b>







**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**Proyecto:** ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERU – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERU – SANTA ANCASH”

**Ubicación :** JIMBE - SANTA - ANCASH  
**Calicata :** C-02

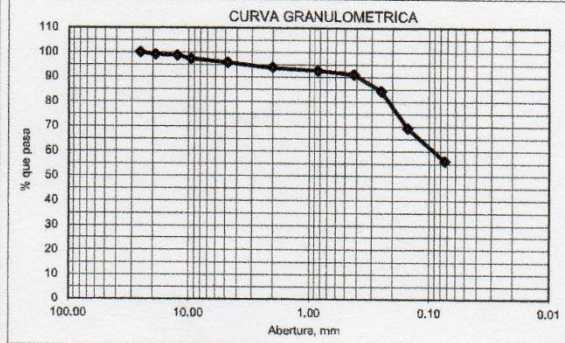
**Muestra :** 1

**Fecha :** Julio - 2018  
**Profundidad (m) :** 1.50

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)**

<b>Peso Inicial Seco, [gr]</b>	1542.20
<b>Peso Lavado y Seco, [gr]</b>	675.88

Mallas	Abertura [mm]	Peso Retenido [grs]	% Pasa
3"	76.000		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400	0.00	100.00
3/4"	19.050	13.20	99.14
1/2"	12.500	8.50	98.59
3/8"	9.525	19.20	97.35
N° 4	4.760	23.40	95.83
N° 10	2.000	31.60	93.78
N° 20	0.840	17.98	92.62
N° 40	0.420	24.70	91.01
N° 60	0.250	102.50	84.37
N° 100	0.150	231.70	69.34
N° 200	0.074	203.10	56.17
< N° 200		866.32	



**2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)**

**A. LIMITE LIQUIDO**

Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		34	42	18
1. No de Golpes		34	26	15
2. Peso Tara, [gr]		21.620	21.980	22.670
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		45.210	38.770	43.560
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		37.200	32.900	35.980
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)	8.010	5.870	7.580
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)	15.580	10.920	13.310
7. Contenido de Humedad, [%]	(5)/(6)X100	51.41	53.75	56.95

**B. LIMITE PLASTICO**

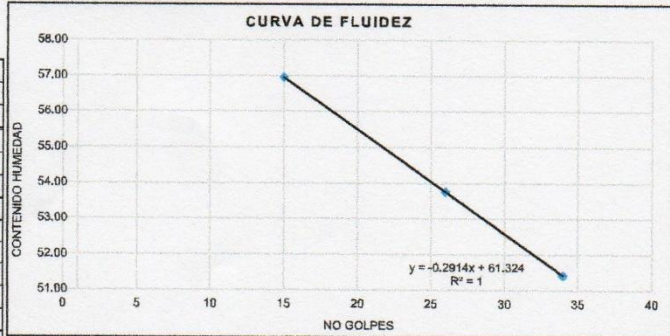
Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		2	21	39
1. Peso Tara, [gr]		22.580	23.050	21.730
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		25.040	26.170	24.320
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		24.550	25.540	23.800
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	0.490	0.630	0.520
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	1.970	2.490	2.070
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	24.873	25.301	25.121

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Fórmula	Tara No
		11
1. Peso Tara, [gr]		24.50
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		256.91
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		203.94
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	52.97
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	179.44
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	29.52

**RESUMEN**

Grava (No.4 < Diam < 3")	4.17%
Grava Gruesa (3/4" < Diam < 3")	0.86%
Grava Fina (N°4" < Diam < 3/4")	3.31%
Arena Gruesa (No.10 < Diam < No.4)	2.05%
Arena Media (No.40 < Diam < No.10)	2.77%
Arena Fina (No.200 < Diam < No.40)	34.84%
<b>Finos (Diam &lt; No.200)</b>	<b>56.17%</b>
Límite Líquido	54.01%
Límite Plástico	25.10%
Índice Plasticidad	28.91%
Contenido de Humedad	29.52%
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6 (3)







**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
 ASTM D-1883**

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ – SANTA ANCASH

**UBICACIÓN** : JIMBE - SANTA - ANCASH  
**FECHA** : JULIO - 2018

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CANTERA** : C-03 **CLASF. (SUCS)** : CL  
**MATERIAL** : M-1 **PROFUNDIDAD** : 1.50 m **CLASF.(AASHTO)** : A-6 (4)

**METODO DE COMPACTACION** : ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>)** : 1.698  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 16.980

**C.B.R. Y DENSIDAD SECA**

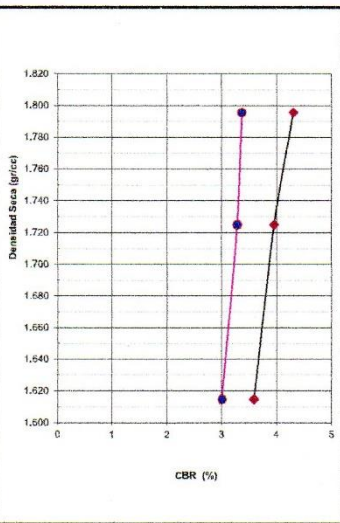
MOLDE N°	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
Penetración (")	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
C.B.R. (%)	3.59	3.01	3.96	3.28	4.31	3.37
Densidad Seca	1.61	1.61	1.72	1.72	1.80	1.80

**C.B.R. y MAXIMA DENSIDAD SECA**

C.B.R. (%)	PARA 0.1"		PARA 0.2"	
	Ds	C.B.R. (%)	Ds	C.B.R. (%)
3.59	1.61	3.01	1.61	
3.96	1.72	3.28	1.72	
4.31	1.80	3.37	1.80	

Ds Max	1.698	g/cm <sup>3</sup>	C.B.R. (0.1")	3.87
Ds Max (95%)	1.613	g/cm <sup>3</sup>	C.B.R. (0.2")	3.22

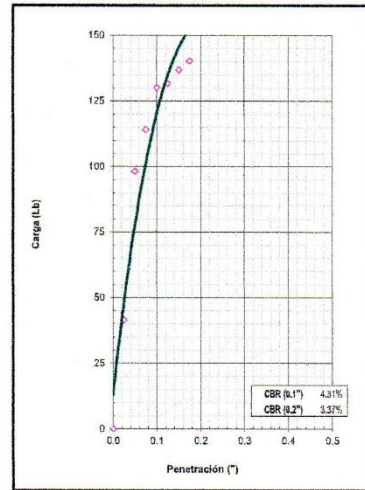
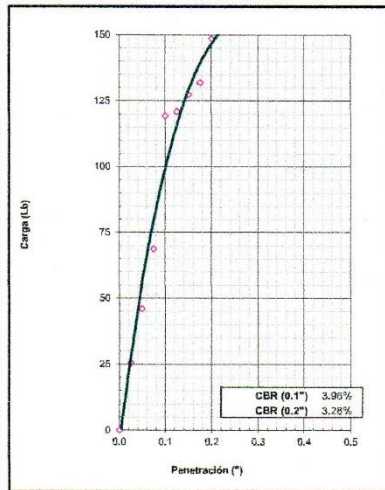
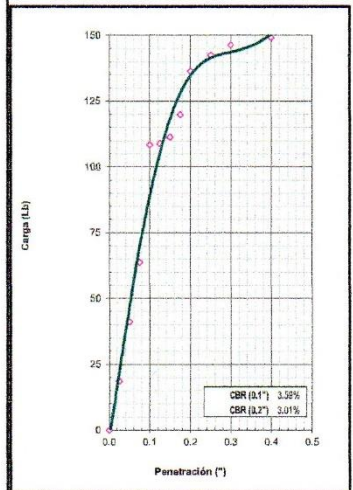
**C.B.R DE DISEÑO (Suelo natural)** 3.22%



EC = 12 GOLPES

EC = 26 GOLPES

EC = 55 GOLPES







UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
**ASTM D-1883**

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ – SANTA ANCASH

**UBICACIÓN** : JIMBE - SANTA - ANCASH  
**FECHA** : JULIO - 2018

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-03 **CLASF. (SUCS)** : CL  
**MUESTRA** : M-1 **PROFUNDIDAD** : 1.50 m **CLASF. (AASHTO)** : A-6 (4)

**COMPACTACION**

Condición de la muestra	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12591.34	12898.20	12763.00	12898.00	12894.00	12989.00
Peso de molde (g)	8575.50	8575.50	8475.00	8475.00	8535.50	8535.50
Peso del suelo húmedo (g)	4015.84	4322.70	4288.00	4423.00	4358.50	4453.50
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2130.00	2130.00	2148.00	2148.00	2120.00	2120.00
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.89	2.03	2.00	2.06	2.06	2.10
Tara (N°)	17		5		3	
Peso suelo húmedo + tara (g)	229.75	4322.70	215.92	4423.00	219.47	4453.50
Peso suelo seco + tara (g)	201.15	3439.12	190.58	3705.13	194.91	3806.64
Peso de tara (g)	30.60	0.00	20.50	0.00	25.50	0.00
Peso de agua (g)	28.60	883.58	25.34	717.87	24.56	646.86
Peso de suelo seco (g)	170.55	3439.12	161.08	3705.13	169.41	3806.64
Contenido de humedad (%)	16.77	25.69	15.73	19.37	14.50	16.99
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.61	1.61	1.72	1.72	1.80	1.80

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
14/07/2018	09:30	00 Hrs.	0.000	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
15/07/2018	09:30	24 Hrs.	158.0000	158.000	3.46	137.0000	137.000	3.00	118.0000	118.000	2.58
16/07/2018	09:30	48 Hrs.	179.0000	179.000	3.92	155.0000	155.000	3.40	132.0000	131.000	2.87
17/07/2018	09:30	72 Hrs.	215.0000	215.000	4.71	165.0000	165.000	3.61	141.0000	136.000	2.98

**PENETRACION**

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA lb	CORRECCION		CARGA lb	CORRECCION		CARGA lb	CORRECCION	
			lb/pulg2	C.B.R (%)		lb/pulg2	C.B.R (%)		lb/pulg2	C.B.R (%)
0.000		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
0.025		18.63	6.18		25.60	8.49		41.50	13.75	
0.050		41.15	13.64		46.04	15.26		98.25	32.56	
0.075		63.66	21.10		68.74	22.78		114.15	37.83	
0.100	1000	106.46	35.95	3.59	119.37	39.56	3.96	130.04	43.10	4.31
0.125		108.91	36.10		120.96	40.09		131.63	43.63	
0.150		111.38	36.92		127.32	42.20		136.85	45.36	
0.175		119.94	39.75		131.86	43.70		140.26	46.49	
0.200	1500	136.37	45.20	3.01	148.86	49.27	3.28	152.52	50.55	3.37
0.250		142.45	47.21		154.56	51.23		155.01	51.38	
0.300		146.28	48.48		157.74	52.28		159.55	52.88	
0.400		149.20	49.45		160.69	53.26		164.09	54.39	
0.500		151.45	50.20		172.04	57.02		177.72	58.90	







**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

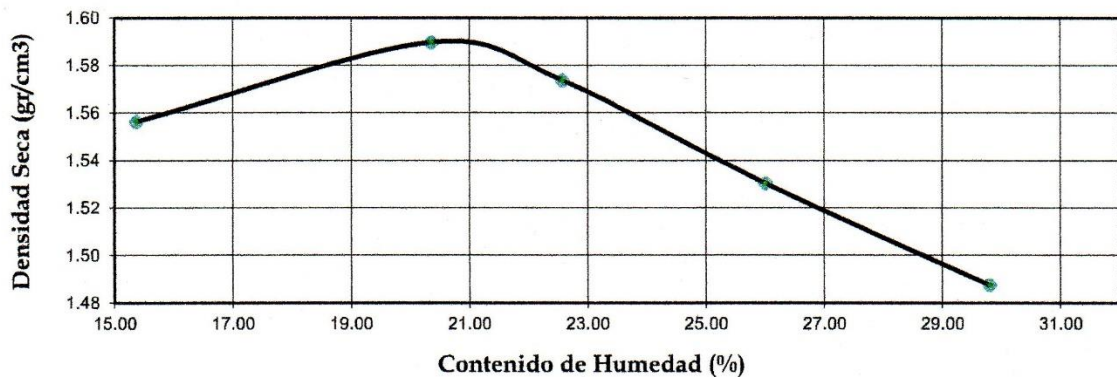
**ENSAYO DE COMPACTACION  
ASTM-D1557 / METODO "B"**

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2107.00	2107.00	2107.00	2107.00	2107.00
2	Peso del molde (gr)	4204.00	4204.00	4204.00	4204.00	4204.00
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	7987.00	8235.00	8268.00	8267.00	8272.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	3783.00	4031.00	4064.00	4063.00	4068.00
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.80	1.91	1.93	1.93	1.93

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

6	Peso de la tara (gr)	25.41	27.07	26.19	26.71	25.85
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	129.32	140.24	142.66	146.09	138.94
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	115.48	121.10	121.21	121.45	112.98
9	Peso del agua (gr)	13.84	19.14	21.45	24.64	25.96
10	Peso del suelo seco (gr)	90.07	94.03	95.02	94.74	87.13
11	Contenido de humedad (%)	15.37	20.36	22.57	26.01	29.79
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.56	1.59	1.57	1.530	1.49

**GRAFICO: DENSIDAD vs HUMEDAD**



Máxima Densidad Seca	:	1.598 gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de Humedad	:	21.40 %







**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**Proyecto** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ – SANTA ANCASH"

**Ubicación** : JIMBE - SANTA - ANCASH  
**Calicata** : C-03

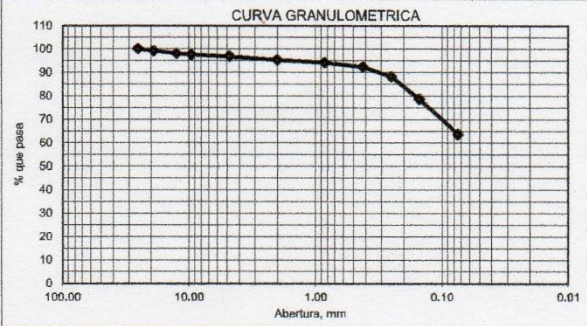
**Muestra** : 1

**Fecha** Julio - 2018  
**Profundidad (m)** : 1.50

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)**

<b>Peso Inicial Seco, [gr]</b>	1297.40
<b>Peso Lavado y Seco, [gr]</b>	471.20

Mallas	Abertura [mm]	Peso Retenido [grs]	% Pasa
3"	76.000		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400	0.00	100.00
3/4"	19.050	10.20	99.21
1/2"	12.500	15.70	98.00
3/8"	9.525	5.90	97.55
N° 4	4.760	9.30	96.83
N° 10	2.000	19.20	95.35
N° 20	0.840	15.60	94.15
N° 40	0.420	25.10	92.22
N° 60	0.250	52.30	88.18
N° 100	0.150	124.80	78.56
N° 200	0.074	193.10	63.68
< N° 200		826.20	



**2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)**

**A. LIMITE LIQUIDO**

Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		27	50	24
1. No de Golpes		34	26	15
2. Peso Tara, [gr]		22.650	23.550	22.440
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		39.120	46.720	37.920
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		33.500	38.600	32.300
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)	5.620	8.120	5.620
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)	10.850	15.050	9.860
7. Contenido de Humedad, [%]	(5)/(6)X100	51.80	53.95	57.00

**B. LIMITE PLASTICO**

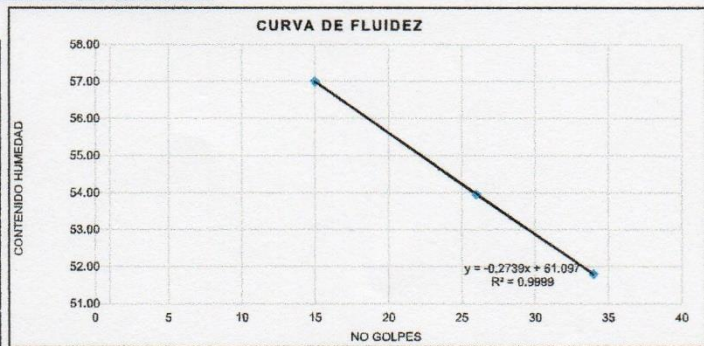
Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		5	44	67
1. Peso Tara, [gr]		21.840	22.620	22.910
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		24.380	25.110	25.430
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		23.900	24.620	24.920
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	0.480	0.490	0.510
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	2.060	2.000	2.010
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	23.301	24.500	25.373

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Fórmula	Tara No
		13
1. Peso Tara, [gr]		22.90
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		256.78
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		203.45
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	53.33
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	180.55
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	29.54

**RESUMEN**

Grava (No.4 < Diam < 3")	3.17%
Grava Gruesa (3/4" < Diam < 3")	0.79%
Grava Fina (N°4" < Diam < 3/4")	2.38%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	33.15%
Arena Gruesa (No.10 < Diam < No.4)	1.48%
Arena Media (No.40 < Diam < No.10)	3.14%
Arena Fina (No.200 < Diam < No.40)	28.53%
<b>Finos (Diam &lt; No.200)</b>	<b>63.68%</b>
Límite Líquido	54.25%
Límite Plástico	24.39%
Índice Plasticidad	29.86%
Contenido de Humedad	29.54%
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6 (5)







RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
 ASTM D-1883

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ – SANTA ANCASH

UBICACIÓN : JIMBE - SANTA - ANCASH  
 FECHA : JULIO - 2018

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : C-04 CLASF. (SUCS) : CL  
 MATERIAL : M-1 PROFUNDIDAD : 1.50 m CLASF. (AASHTO) : A-6 (8)

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557  
 MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.694  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 16.950

C.B.R. Y DENSIDAD SECA

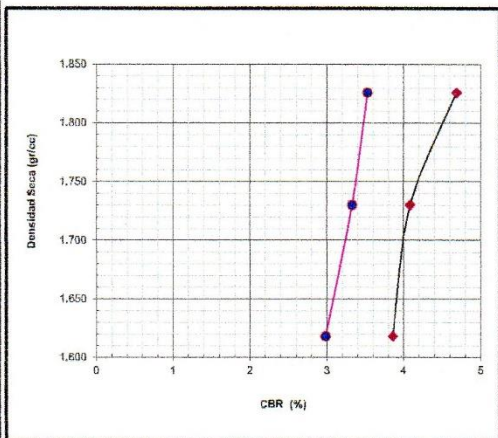
MOLDE N°	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
Penetración (")	01"	0.2"	01"	0.2"	01"	0.2"
C.B.R. (%)	3.86	2.98	4.08	3.32	4.69	3.53
Densidad Seca	1.62	1.62	1.73	1.73	1.83	1.83

C.B.R. y MAXIMA DENSIDAD SECA

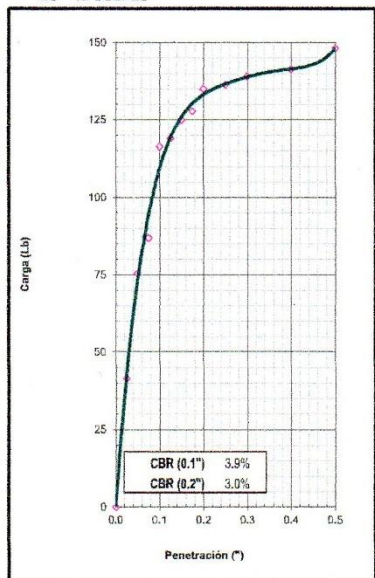
PARA 0.1"		PARA 0.2"	
C.B.R. (%)	Ds	C.B.R. (%)	Ds
3.86	1.62	2.98	1.62
4.08	1.73	3.32	1.73
4.69	1.83	3.53	1.83

Ds Max	1.694	g/cm <sup>3</sup>	C.B.R. (0.1")	4.01
Ds Max (95%)	1.609	g/cm <sup>3</sup>	C.B.R. (0.2")	3.21

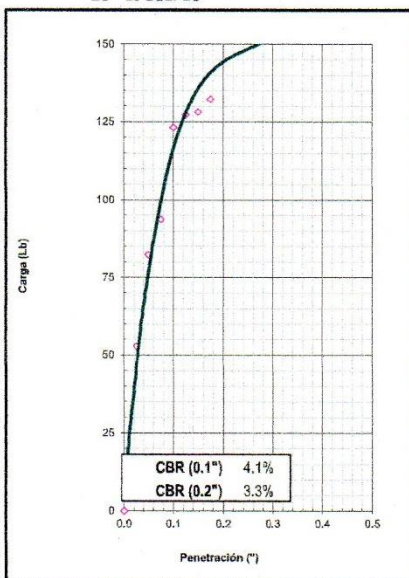
C.B.R. DE DISEÑO (Suelo natural) : 3.21%



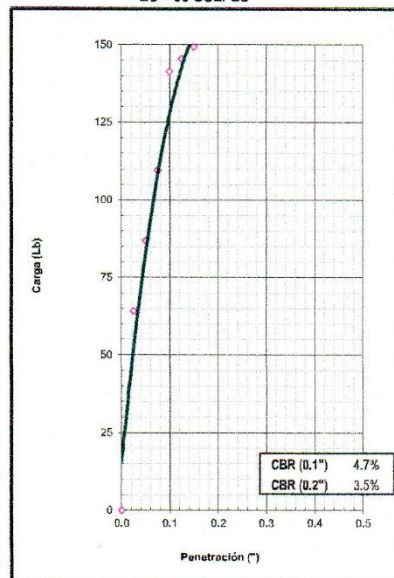
EC = 12 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 56 GOLPES







UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
**ASTM D-1883**

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ – SANTA ANCASH\*

**UBICACIÓN** : JIMBE - SANTA - ANCASH  
**FECHA** : JULIO - 2018

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-04 **CLASF. (SUCS)** : CL  
**MUESTRA** : M-1 **PROFUNDIDAD** : 1.50 m **CLASF. (AASHTO)** : A-6 (B)

**COMPACTACION**

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capas N°	12		25		56	
Golpes por capa N°	12		25		56	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12497.31	12818.00	11632.10	11759.00	11959.00	12031.00
Peso de molde (g)	8562.50	8562.50	7373.00	7373.00	7607.00	7607.00
Peso del suelo húmedo (g)	3934.81	4255.50	4259.10	4386.00	4352.00	4424.00
Volumen del molde (cm³)	2090.00	2090.00	2125.00	2125.00	2103.00	2103.00
Densidad húmeda (g/cm³)	1.883	2.036	2.004	2.064	2.069	2.104
Tara (N°)	1		7		15	
Peso suelo húmedo + tara (g)	216.23	4255.50	231.51	4386.00	218.50	4424.00
Peso suelo seco + tara (g)	189.45	3382.04	203.21	3676.85	195.39	3839.65
Peso de tara (g)	25.60	0.00	24.50	0.00	22.20	0.00
Peso de agua (g)	26.78	873.46	28.30	709.15	23.11	584.35
Peso de suelo seco (g)	163.85	3382.04	178.71	3676.85	173.19	3839.65
Contenido de humedad (%)	16.34	25.83	15.84	19.29	13.34	15.22
Densidad seca (g/cm³)	1.618	1.618	1.730	1.730	1.825	1.825

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
15/07/2018	11:00	00 Hrs.	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
16/07/2018	11:00	24 Hrs.	160.0000	160.000	3.50	138.0000	138.000	3.02	118.0000	118.000	2.58
17/07/2018	11:00	48 Hrs.	182.0000	182.000	3.99	157.0000	157.000	3.44	132.0000	132.000	2.89
18/07/2018	11:00	72 Hrs.	217.0000	217.000	4.75	167.0000	167.000	3.86	141.0000	141.000	3.09

**PENETRACION**

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03			
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		
			Pulgadas	Lb/pulg2		lb	lb/pulg2		C.B.R (%)	lb	lb/pulg2
0.000			0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
0.025			41.50	13.75		52.85	17.52		64.20	21.28	
0.050			75.55	25.04		82.36	27.30		86.90	28.80	
0.075			86.90	28.80		93.71	31.06		109.61	36.33	
0.100	1000		116.42	38.58	3.9	123.23	40.84	4.1	141.39	46.86	4.69
0.125			119.14	39.49		127.32	42.20		145.48	48.22	
0.150			125.04	41.44		128.22	42.50		149.34	49.50	
0.175			127.77	42.35		132.31	43.85		152.74	50.62	
0.200	1500		135.03	44.76	3.0	150.47	49.87	3.32	159.55	52.88	3.53
0.250			136.40	45.21		152.74	50.62		162.73	53.94	
0.300			139.12	46.11		155.01	51.38		165.23	54.76	
0.400			141.39	46.66		160.46	53.18		168.64	55.89	
0.500			148.20	49.12		163.64	54.24		174.31	57.77	







UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

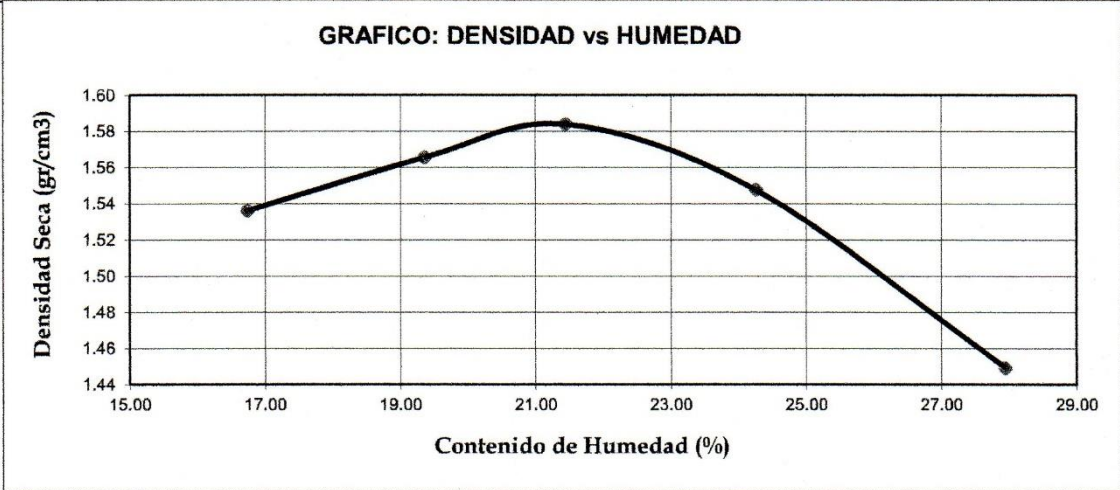
**ENSAYO DE COMPACTACION**  
**ASTM-D1557 / METODO "B"**

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2107.00	2107.00	2107.00	2107.00	2107.00
2	Peso del molde (gr)	4204.00	4204.00	4204.00	4204.00	4204.00
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	7982.00	8141.00	8257.00	8256.00	8111.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	3778.00	3937.00	4053.00	4052.00	3907.00
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.79	1.87	1.92	1.92	1.85

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

6	Peso de la tara (gr)	26.73	26.47	25.12	25.76	27.03
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	135.61	139.42	129.90	138.54	131.27
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	120.00	121.10	111.40	116.52	108.50
9	Peso del agua (gr)	15.61	18.32	18.50	22.02	22.77
10	Peso del suelo seco (gr)	93.27	94.63	86.28	90.76	81.47
11	Contenido de humedad (%)	16.74	19.36	21.44	24.26	27.95
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.54	1.57	1.58	1.55	1.45

**GRAFICO: DENSIDAD vs HUMEDAD**



Máxima Densidad Seca :	1.595 gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de Humedad :	21.02 %







**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

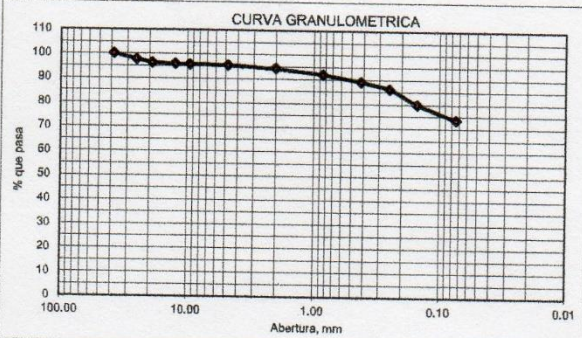
**Proyecto** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ – SANTA ANCASH”

**Ubicación** : JIMBE - SANTA - ANCASH  
**Calicata** : C-04  
**Muestra** : 1  
**Fecha** : Julio - 2018  
**Profundidad (m)** : 1.50

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)**

Peso Inicial Seco, [gr]	1434.80
Peso Lavado y Seco, [gr]	380.90

Mallas	Abertura [mm]	Peso Retenido [grs]	% Pasa
3"	76.000		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	33.90	97.64
3/4"	19.050	19.00	96.31
1/2"	12.500	7.90	95.76
3/8"	9.525	1.50	95.66
N° 4	4.760	4.10	95.37
N° 10	2.000	16.50	94.22
N° 20	0.840	32.30	91.97
N° 40	0.420	44.20	88.89
N° 60	0.250	38.20	86.23
N° 100	0.150	93.90	79.68
N° 200	0.074	89.40	73.45
< N° 200		1053.90	



**2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)**

**A. LIMITE LIQUIDO**

Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		LL1	LL2	LL3
1. No de Golpes		34	26	15
2. Peso Tara, [gr]		20.980	18.870	20.370
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		32.720	33.410	35.970
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		28.700	28.310	30.300
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)	4.020	5.100	5.670
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)	7.720	9.440	9.930
7. Contenido de Humedad, [%]	(5)/(6)X100	52.07	54.03	57.10

**B. LIMITE PLASTICO**

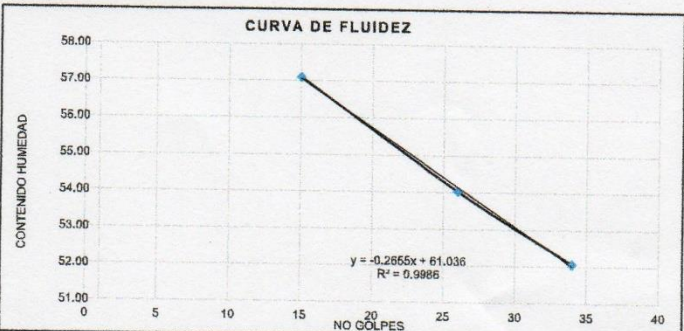
Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		LP1	LP2	LP3
1. Peso Tara, [gr]		22.280	22.560	22.740
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		30.250	23.985	27.350
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		28.728	23.710	26.410
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	1.522	0.275	0.940
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	6.448	1.150	3.670
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	23.604	23.913	25.613

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Fórmula	Tara No
1. Peso Tara, [gr]		54
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		30.37
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		256.78
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	203.45
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	53.33
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	30.81

**RESUMEN**

Grava (No.4 < Diam < 3")	4.63%
Grava Gruesa (3/4" < Diam < 3")	3.69%
Grava Fina (N°4" < Diam < 3/4")	0.94%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	21.92%
Arena Gruesa (No.10 < Diam < No.4)	1.15%
Arena Media (No.40 < Diam < No.10)	5.33%
Arena Fina (No.200 < Diam < No.40)	15.44%
<b>Finos (Diam &lt; No.200)</b>	<b>73.45%</b>
Límite Líquido	54.29%
Límite Plástico	24.38%
Índice Plasticidad	29.91%
Contenido de Humedad	30.81%
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6 (8)







**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

**ASTM D-1883**

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ - TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ - SANTA ANCASH\*

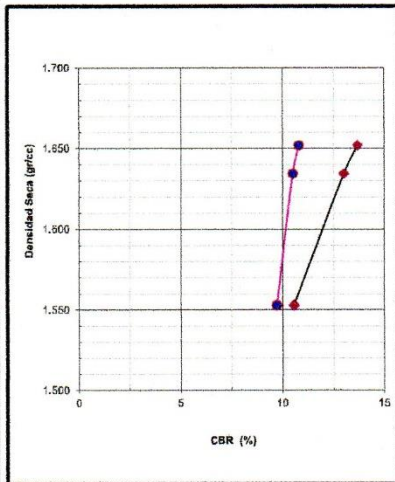
**UBICACIÓN** : JIMBE - SANTA - ANCASH  
**FECHA** : AGOSTO - 2018

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CANTERA** : C-04  
**MATERIAL** : M-1

**DOSIFICACIÓN** : 3.5 % De Bagazo de Caña de Azucar

**CLASF. (SUCS)** : CL  
**CLASF.(AASHTO)** : A-4 (5)



**METODO DE COMPACTACION** : ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>)** : 1.595  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 21.020

**C.B.R. Y DENSIDAD SECA**

MOLDE N°	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
Penetración (")	01"	0.2"	01"	0.2"	01"	0.2"
C.B.R. (%)	10.56	9.72	13.00	10.51	13.68	10.80
Densidad Seca	1.55	1.55	1.63	1.63	1.65	1.64

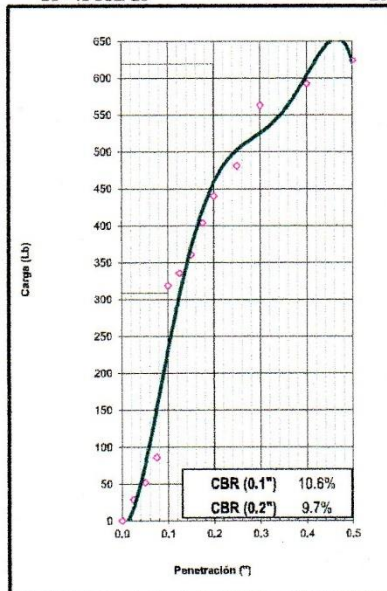
**C.B.R. y MAXIMA DENSIDAD SECA**

PARA 0.1"		PARA 0.2"	
C.B.R. (%)	Ds	C.B.R. (%)	Ds
10.56	1.55	9.72	1.55
13.00	1.63	10.51	1.63
13.68	1.65	10.80	1.64

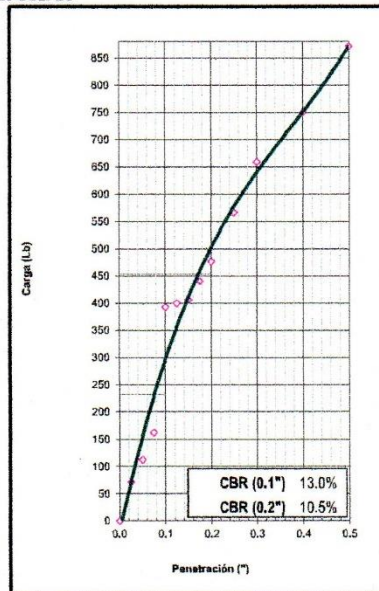
<b>Ds Max</b>	1.595	g/cm3	<b>C.B.R. (0.1")</b>	11.82
<b>Ds Max (95%)</b>	1.515	g/cm3	<b>C.B.R. (0.2")</b>	10.13

**C.B.R. DE DISEÑO (3.5%)** 10.13%

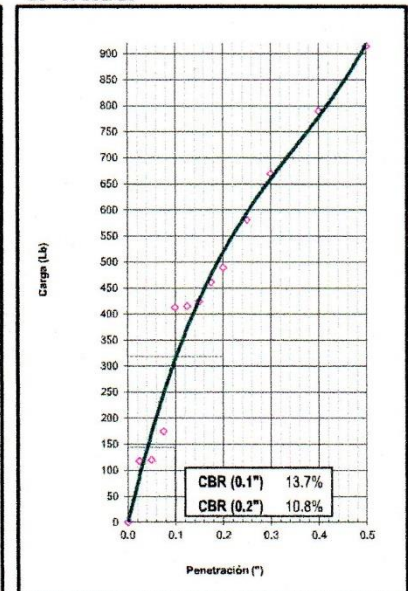
**EC = 12 GOLPES**



**EC = 25 GOLPES**



**EC = 56 GOLPES**







**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
**ASTM D-1883**

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ - TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ - SANTA ANCASH

**UBICACIÓN** : JIMBE - SANTA - ANCASH  
**FECHA** : AGOSTO - 2018

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-04 **CLASF. (SUCS)** : CL  
**MUESTRA** : M-1 **DOSIFICACIÓN** : 3.5 % De Bagazo de Caña de Azucar **CLASF. (AASHTO)** : A-4 (5)

**COMPACTACION**

Condición de la muestra	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde Nº	1		2		3	
Capas Nº	5		5		5	
Golpes por capa Nº	12		25		56	
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11603.00	11642.00	11472.00	11569.00	11546.00	11437.00
Peso de molde (g)	7558.00	7558.00	7616.00	7616.00	7700.00	7700.00
Peso del suelo húmedo (g)	4045.00	4084.00	3856.00	3953.00	3846.00	3737.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2130.00	2130.00	2148.00	2148.00	2120.00	2120.00
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.899	1.917	1.795	1.840	1.814	1.763
Tara (Nº)	27		19		51	
Peso suelo húmedo + tara (g)	98.31	4084.00	96.62	3953.00	94.12	3737.00
Peso suelo seco + tara (g)	84.53	3307.70	89.91	3510.65	87.62	3501.99
Peso de tara (g)	22.71	0.00	21.70	0.00	21.45	0.00
Peso de agua (g)	13.78	776.30	6.71	442.35	6.50	235.01
Peso de suelo seco (g)	61.82	3307.70	68.21	3510.65	66.17	3501.99
Contenido de humedad (%)	22.29	23.47	9.84	12.60	9.82	6.71
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.553	1.553	1.634	1.634	1.652	1.652

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
07/08/2018	09:45	00 Hrs.	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
08/08/2018	09:45	24 Hrs.	107.0000	107.000	2.34	83.0000	83.000	1.82	49.0000	49.000	1.07
09/08/2018	09:45	48 Hrs.	112.0000	112.000	2.45	85.0000	85.000	1.86	52.0000	52.000	1.14
10/08/2018	09:45	72 Hrs.	117.0000	117.000	2.56	89.0000	89.000	1.95	57.0000	57.000	1.25

**PENETRACION**

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE Nº 01			MOLDE Nº 02			MOLDE Nº 03			
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		
			lb	lb/pulg2		C.B.R (%)	lb		lb/pulg2	C.B.R (%)	lb
Pulgadas	Lb/pulg2										
0.000		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		
0.025		29.00	9.61		71.00	23.53		117.54	38.96		
0.050		51.70	17.14		111.87	37.08		119.81	39.71		
0.075		85.76	28.42		161.61	53.63		174.30	57.77		
0.100	1000	318.47	105.55	10.6	392.25	130.01	13.0	412.69	136.78	13.7	
0.125		335.50	111.19		399.06	132.26		414.96	137.53		
0.150		360.47	119.47		405.88	134.52		424.04	140.54		
0.175		403.61	133.77		439.93	145.81		460.36	152.58		
0.200	1500	439.93	145.81	9.7	475.80	157.70	10.5	488.74	161.99	10.8	
0.250		480.80	159.35		565.94	187.57		580.69	192.46		
0.300		562.53	186.44		659.02	218.42		669.24	221.81		
0.400		582.04	196.22		749.83	248.52		789.57	261.69		
0.500		623.83	206.76		871.30	286.76		914.43	303.08		







UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

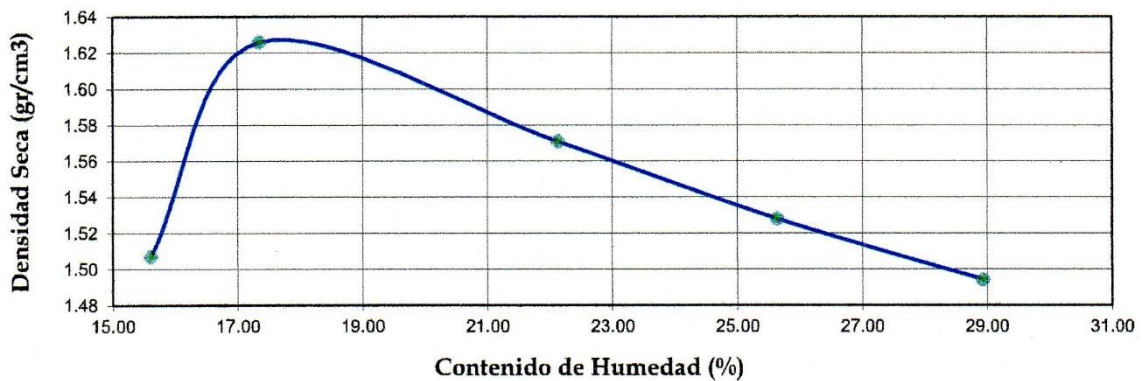
**ENSAYO DE COMPACTACION  
ASTM-D1557 / METODO "B"**

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2107.00	2107.00	2107.00	2107.00	2107.00
2	Peso del molde (gr)	4204.00	4204.00	4204.00	4204.00	4204.00
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	7875.00	8224.00	8246.00	8249.00	8263.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	3671.00	4020.00	4042.00	4045.00	4059.00
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.74	1.91	1.92	1.92	1.93

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

6	Peso de la tara (gr)	26.37	25.91	27.08	26.59	26.47
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	125.62	142.33	145.27	137.54	132.18
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	112.22	125.12	123.86	114.90	108.46
9	Peso del agua (gr)	13.40	17.21	21.41	22.64	23.72
10	Peso del suelo seco (gr)	85.85	99.21	96.78	88.31	81.99
11	Contenido de humedad (%)	15.61	17.35	22.12	25.64	28.93
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.51	1.63	1.57	1.53	1.49

**GRAFICO: DENSIDAD vs HUMEDAD**



Máxima Densidad Seca	:	1.632 gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de Humedad	:	17.58 %







**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**Proyecto** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ – SANTA ANCASH\*

**Ubicación** : JIMBE - SANTA - ANCASH  
**Calicata** : C-04

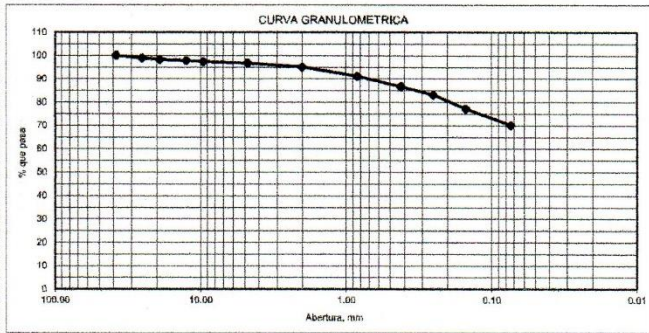
**Muestra** : 1

**Fecha** : Agosto - 2018  
**Dosificación** : 3.5 % de Begezo de Caña de Azucar

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)**

Peso Inicial Seco, [gr]	1725.40
Peso Lavado y Seco, [gr]	515.20

Mallas	Abertura [mm]	Peso Retenido [grs]	% Pasa
3"	76.200		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	18.30	98.94
3/4"	19.050	11.40	98.28
1/2"	12.500	7.60	97.84
3/8"	9.525	8.80	97.33
N° 4	4.760	9.70	96.77
N° 10	2.000	28.50	95.11
N° 20	0.840	67.80	91.18
N° 40	0.420	78.40	86.63
N° 60	0.250	59.70	83.17
N° 100	0.150	103.40	77.18
N° 200	0.074	121.50	70.14
< N° 200		1210.20	



**2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)**

**A. LIMITE LIQUIDO**

Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		11	20	13
1. No de Golpes		35	26	16
2. Peso Tara, [gr]		24.400	22.480	22.940
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		49.950	46.800	41.820
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		42.400	39.400	35.900
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)	7.550	7.400	5.920
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)	18.000	16.920	12.980
7. Contenido de Humedad, [%]	(5)/(6)X100	41.94	43.74	45.68

**B. LIMITE PLASTICO**

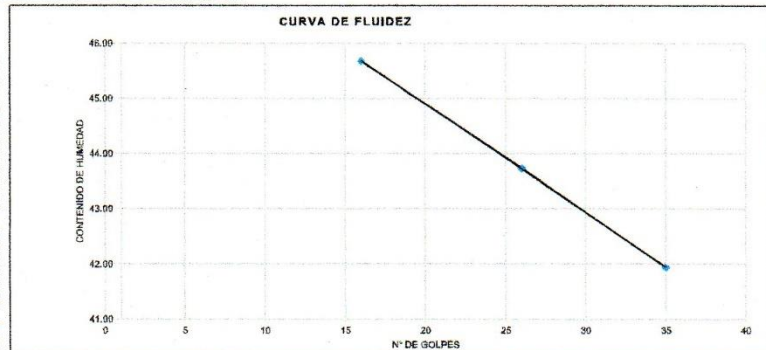
Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		18	14	16
1. Peso Tara, [gr]		22.670	22.770	21.850
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		25.420	25.210	24.950
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		24.820	24.650	24.200
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	0.600	0.560	0.750
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	2.150	1.880	2.350
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	27.907	29.787	31.915

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Fórmula	Tara No
1. Peso Tara, [gr]		23
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		117.49
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		98.60
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	18.89
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	76.40
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	24.73

**RESUMEN**

Grava (No.4 < Diam < 3")	3.23%
Grava Gruesa (3/4" < Diam < 3")	1.72%
Grava Fina (N° 4" < Diam < 3/4")	1.51%
<b>Arena (No.200 &lt; Diam &lt; No.4)</b>	<b>26.63%</b>
Arena Gruesa (No.10 < Diam < No.4)	1.65%
Arena Medía (No.40 < Diam < No.10)	8.48%
Arena Fina (No.200 < Diam < No.40)	16.49%
<b>Finos (Diam &lt; No.200)</b>	<b>70.14%</b>
Limite Líquido	43.01%
Limite Plástico	29.87%
Índice Plasticidad	13.14%
Contenido de Humedad	24.73%
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-4 (5)



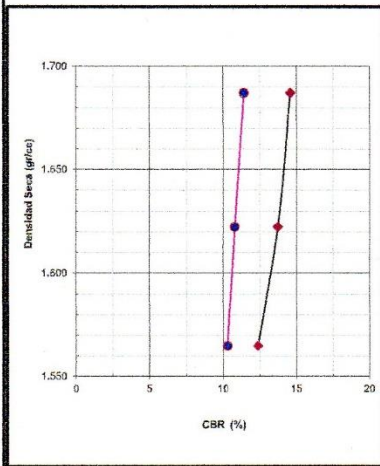


**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
**ASTM D-1883**

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ – SANTA ANCASH  
**UBICACIÓN** : JIMBE - SANTA - ANCASH  
**FECHA** : AGOSTO - 2018

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CANTERA** : C-04  
**MATERIAL** : M-1  
**DOSIFICACIÓN** : 2.5 % De Bagazo de Caña de Azucar  
**CLASF. (SUCS)** : CL  
**CLASF.(AASHTO)** : A-6 (6)



**METODO DE COMPACTACION** : ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>)** : 1.620  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 20.050

**C.B.R. Y DENSIDAD SECA**

MOLDE N°	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
Penetración (")	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
C.B.R. (%)	12.40	10.32	13.75	10.82	14.58	11.43
Densidad Seca	1.56	1.56	1.62	1.62	1.69	1.69

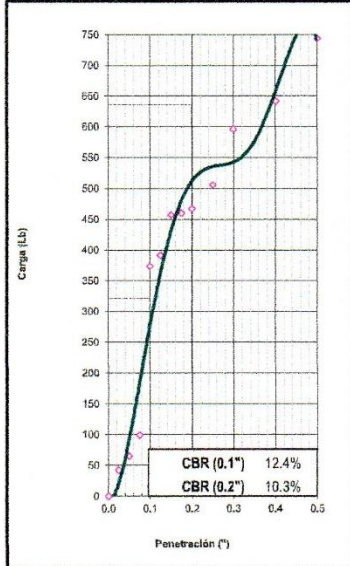
**C.B.R. y MAXIMA DENSIDAD SECA**

PARA 0.1"		PARA 0.2"	
C.B.R. (%)	Ds	C.B.R. (%)	Ds
12.40	1.56	10.32	1.56
13.75	1.62	10.82	1.62
14.58	1.69	11.43	1.69

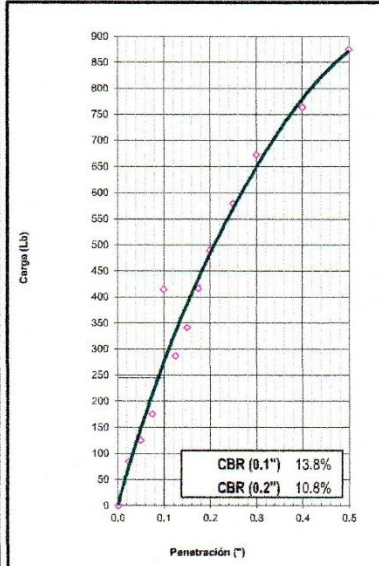
Ds Max	1.620	g/cm <sup>3</sup>	C.B.R. (0.1")	13.70
Ds Max (95%)	1.539	g/cm <sup>3</sup>	C.B.R. (0.2")	10.80

**C.B.R. DE DISEÑO (2.5%)** 10.80%

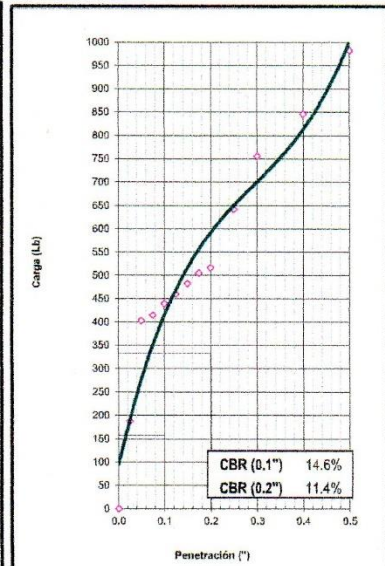
**EC = 12 GOLPES**



**EC = 26 GOLPES**



**EC = 55 GOLPES**







UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
 ASTM D-1883

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ - TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ - SANTA ANCASH\*

UBICACIÓN : JIMBE - SANTA - ANCASH  
 FECHA : AGOSTO - 2018

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-04 CLASF. (SUCS) : CL  
 MUESTRA : M-1 DOSIFICACIÓN : 2.5 % De Bagazo de Caña de Azucar CLASF. (AASHTO) : A-6 (6)

COMPACTACION

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capas N°	12		26		55	
Golpes por capa N°	12		26		55	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11162.00	11489.00	11132.00	11358.00	11261.00	11355.00
Peso de molde (g)	7370.00	7370.00	7373.00	7373.00	7607.00	7607.00
Peso del suelo húmedo (g)	3792.00	4119.00	3759.00	3985.00	3654.00	3748.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2090.00	2090.00	2125.00	2125.00	2103.00	2103.00
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.814	1.971	1.769	1.875	1.738	1.782
Tara (N°)	54		10		57	
Peso suelo húmedo + tara (g)	92.80	4119.00	97.50	3985.00	99.20	3748.00
Peso suelo seco + tara (g)	82.50	3270.54	91.47	3447.51	97.06	3548.03
Peso de tara (g)	17.90	0.00	24.73	0.00	25.41	0.00
Peso de agua (g)	10.30	848.46	6.03	537.49	2.14	199.97
Peso de suelo seco (g)	64.60	3270.54	66.74	3447.51	71.65	3548.03
Contenido de humedad (%)	15.94	25.94	9.04	15.59	2.99	5.64
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.565	1.565	1.622	1.622	1.687	1.687

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
03/08/2018	10:45	00 Hrs.	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
04/08/2018	10:45	24 Hrs.	38.0000	38.000	0.83	16.0000	16.000	0.35	5.0000	5.000	0.11
05/08/2018	10:45	48 Hrs.	42.0000	42.000	0.92	18.0000	18.000	0.39	7.0000	7.000	0.15
06/08/2018	10:45	72 Hrs.	44.0000	44.000	0.96	20.0000	20.000	0.44	9.0000	9.000	0.20

PENETRACION

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION
		lb	lb/pulg2	C.B.R (%)	lb	lb/pulg2	C.B.R (%)	lb	lb/pulg2	C.B.R (%)
0.000		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
0.025		42.62	14.13		85.08	28.20		187.92	62.28	
0.050		65.32	21.65		125.94	41.74		403.61	133.77	
0.075		99.38	32.94		175.89	58.30		414.96	137.53	
0.100	1000	374.09	123.99	12.4	414.96	137.53	13.8	439.93	145.81	14.6
0.125		391.57	129.78		287.14	95.17		460.36	152.58	
0.150		457.41	151.60		341.62	113.23		483.07	160.11	
0.175		460.36	152.58		416.55	139.06		505.77	167.63	
0.200	1500	467.18	154.84	10.3	489.88	162.36	10.8	517.12	171.39	11.4
0.250		505.77	167.63		580.01	192.24		641.99	212.78	
0.300		596.59	197.73		673.10	223.09		755.51	250.40	
0.400		641.99	212.78		763.91	253.19		846.32	280.50	
0.500		744.16	246.64		875.16	290.06		982.55	325.65	







**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

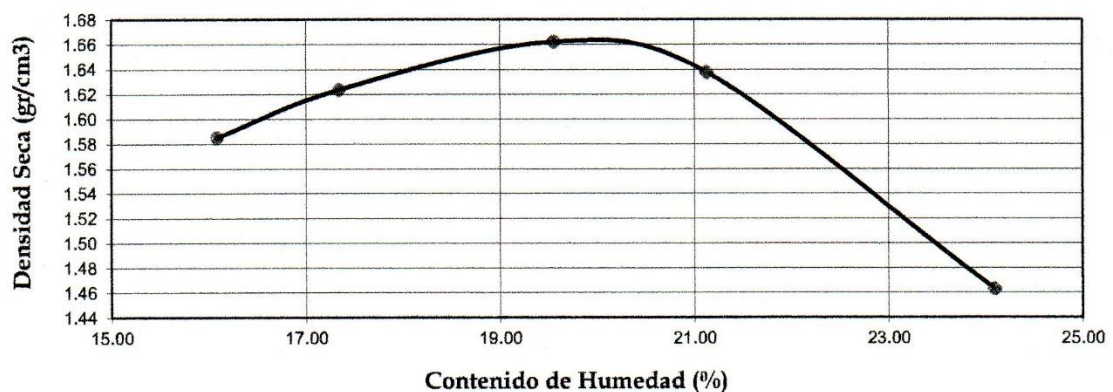
**ENSAYO DE COMPACTACION**  
**ASTM-D1557 / METODO "B"**

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2107.00	2107.00	2107.00	2107.00	2107.00
2	Peso del molde (gr)	4131.00	4131.00	4131.00	4131.00	4131.00
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	8008.00	8145.00	8318.00	8310.00	7956.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	3877.00	4014.00	4187.00	4179.00	3825.00
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84	1.91	1.99	1.98	1.82

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

6	Peso de la tara (gr)	27.05	26.81	26.44	25.63	26.38
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	132.78	126.55	135.16	128.54	136.72
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	118.13	111.81	117.38	110.59	115.30
9	Peso del agua (gr)	14.65	14.74	17.78	17.95	21.42
10	Peso del suelo seco (gr)	91.08	85.00	90.94	84.96	88.92
11	Contenido de humedad (%)	16.08	17.34	19.55	21.13	24.09
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.59	1.62	1.66	1.64	1.46

**GRAFICO: DENSIDAD vs HUMEDAD**



<b>Máxima Densidad Seca</b>	:	<b>1.668 gr/cm3</b>
<b>Contenido de Humedad</b>	:	<b>20.100 %</b>







Proyecto : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ – SANTA ANCASH

Ubicación : JIMBE - SANTA - ANCASH  
Calicata : C-04

Muestra : 1

Fecha : Agosto - 2018  
Dosificación : 2.5 % de Bagazo de Caña de Azúcar

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)**

Peso Inicial Seco, [gr]	1560.70
Peso Lavado y Seco, [gr]	442.30

Mallas	Abertura [mm]	Peso Retenido [grs]	% Pasa
3"	76.000		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	20.10	98.71
3/4"	19.050	13.20	97.87
1/2"	12.500	9.10	97.28
3/8"	9.525	6.20	96.89
N° 4	4.760	12.30	96.10
N° 10	2.000	26.10	94.43
N° 20	0.840	55.00	90.90
N° 40	0.420	60.00	87.06
N° 60	0.250	43.80	84.25
N° 100	0.150	94.10	78.22
N° 200	0.074	102.40	71.66
< N° 200		1118.40	



**2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)**

**A. LIMITE LIQUIDO**

Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		17	3	9
1. No de Golpes		35	26	15
2. Peso Tara, [gr]		21.930	22.200	23.100
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		45.900	45.900	42.680
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		38.700	38.580	36.430
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)	7.200	7.320	6.250
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)	16.770	16.380	13.330
7. Contenido de Humedad, [%]	(5)/(6)X100	42.93	44.69	46.89

**B. LIMITE PLASTICO**

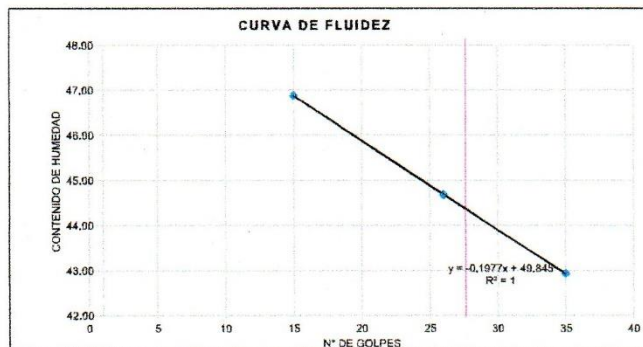
Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		44	24	18
1. Peso Tara, [gr]		22.620	22.390	22.670
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		25.030	24.850	25.120
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		24.530	24.310	24.550
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	0.500	0.540	0.570
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	1.910	1.920	1.880
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	26.178	28.125	30.319

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Fórmula	Tara No
		36
1. Peso Tara, [gr]		21.30
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		195.42
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		158.93
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	35.49
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	138.63
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	25.60

**RESUMEN**

Grava (No.4 < Diam < 3")	3.90%
Grava Gruesa (3/4" < Diam < 3")	2.13%
Grava Fina (N°4" < Diam < 3/4")	1.77%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	24.44%
Arena Gruesa (No.10 < Diam < No.40)	1.67%
Arena Media (No.40 < Diam < No.200)	7.37%
Arena Fina (No.200 < Diam < No.4)	15.40%
Finos (Diam < No.200)	71.66%
Limite Liquido	44.44%
Limite Plástico	28.21%
Indice Plasticidad	16.23%
Contenido de Humedad	25.60%
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6 (6)





**UNS**  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

**ASTM D-1883**

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ – SANTA ANCASH'

**UBICACIÓN** : JIMBE - SANTA - ANCASH

**FECHA** : AGOSTO - 2018

**DATOS DE LA MUESTRA**

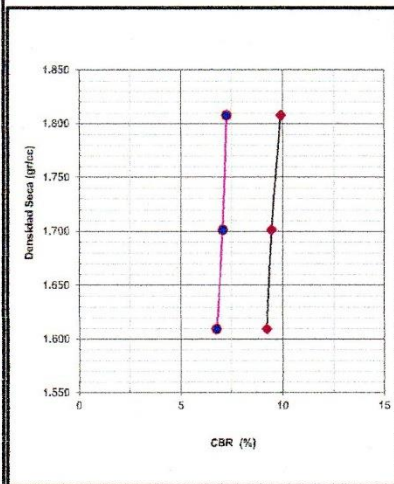
**CANTERA** : C-04

**MATERIAL** : M-1

**DOSIFICACIÓN** : 1.5 % de Bagazo de Caña de Azúcar

**CLASF. (SUCS)** : CL

**CLASF.(AASHTO)** : A-6 (7)



**METODO DE COMPACTACION** : ASTM D1557

**MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>)** : 1.668

**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 20.100

**C.B.R. Y DENSIDAD SECA**

MOLDE N°	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
Penetración (")	01"	0.2"	01"	0.2"	01"	0.2"
C.B.R. (%)	9.24	6.76	9.46	7.06	9.92	7.26
Densidad Seca	1.61	1.61	1.70	1.70	1.81	1.81

**C.B.R. y MAXIMA DENSIDAD SECA**

PARA 0.1"		PARA 0.2"	
C.B.R. (%)	Ds	C.B.R. (%)	Ds
9.24	1.61	6.76	1.61
9.46	1.70	7.06	1.70
9.92	1.81	7.26	1.81

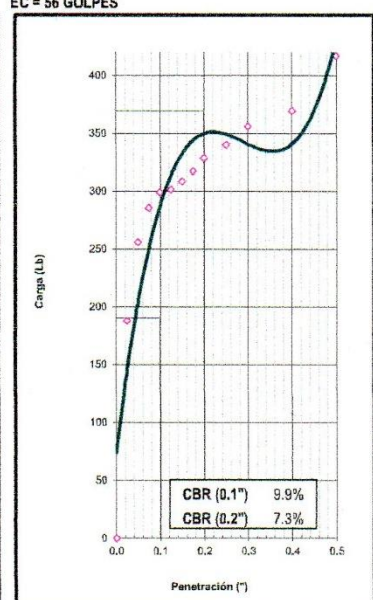
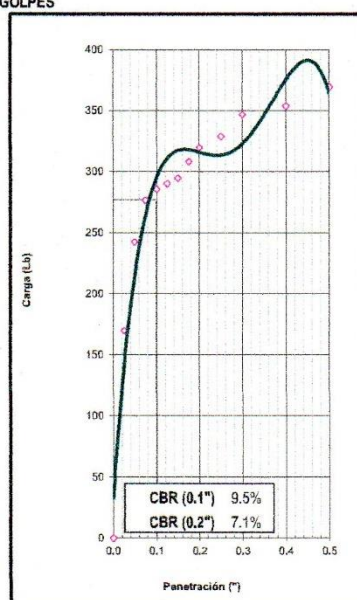
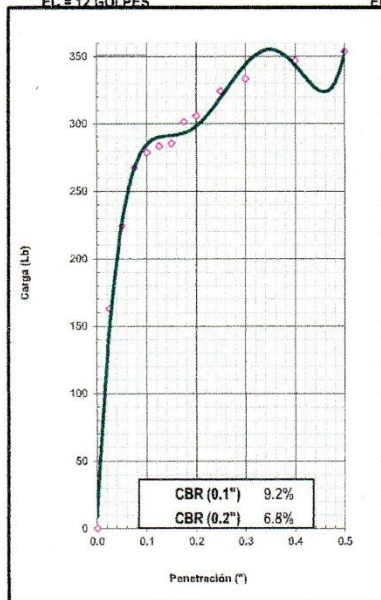
Ds Max	1.668	g/cm3	C.B.R. (0.1")	9.38
Ds Max (95%)	1.585	g/cm3	C.B.R. (0.2")	6.95

**C.B.R. DE DISEÑO (1.5%)** : 6.95%

**EC = 12 GOLPES**

**EC = 25 GOLPES**

**EC = 56 GOLPES**







**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
**ASTM D-1883**

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ – SANTA ANCASH"

**UBICACIÓN** : JIMBE - SANTA - ANCASH

**FECHA** : AGOSTO - 2018

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-04 **CLASF. (SUCS)** : CL  
**MUESTRA** : M-1 **DOSIFICACIÓN** : 1.5 % de Bagazo de Caña de Azucar **CLASF. (AASHTO)** : A-6 (7)

**COMPACTACION**

	1		2		3	
	5		5		5	
	12		25		56	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo	11527.00	11815.00	11748.00	11783.00	11887.00	11583.00
Peso de molde (g)	7558.00	7558.00	7616.00	7616.00	7700.00	7700.00
Peso del suelo húmedo (g)	3969.00	4257.00	4132.00	4167.00	4187.00	3883.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2130.00	2130.00	2148.00	2148.00	2120.00	2120.00
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.863</b>	<b>1.999</b>	<b>1.924</b>	<b>1.940</b>	<b>1.975</b>	<b>1.832</b>
Tara (Nº)	57		42		8	
Peso suelo húmedo + tara (g)	111.30	4257.00	98.50	4167.00	109.30	3883.00
Peso suelo seco + tara (g)	99.59	3427.88	89.65	3654.11	101.93	3832.92
Peso de tara (g)	25.41	0.00	21.98	0.00	22.15	0.00
Peso de agua (g)	11.71	829.12	8.85	512.89	7.37	50.08
Peso de suelo seco (g)	74.18	3427.88	67.67	3654.11	79.78	3832.92
Contenido de humedad (%)	15.79	24.19	13.08	14.04	9.24	1.31
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.609</b>	<b>1.609</b>	<b>1.701</b>	<b>1.701</b>	<b>1.808</b>	<b>1.808</b>

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
03/08/2018	09:45	00 Hrs.	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
04/08/2018	09:45	24 Hrs.	71.0000	71.000	1.56	39.0000	39.000	0.85	33.0000	33.000	0.72
05/08/2018	09:45	48 Hrs.	74.0000	74.000	1.62	42.0000	42.000	0.92	36.0000	36.000	0.79
06/08/2018	09:45	72 Hrs.	78.0000	78.000	1.71	46.0000	46.000	1.01	38.0000	38.000	0.83

**PENETRACION**

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE Nº 01			MOLDE Nº 02			MOLDE Nº 03		
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION	
			lb	lb/pulg2		C.B.R (%)	lb		lb/pulg2	C.B.R (%)
0.000		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
0.025		162.95	54.01		169.76	56.26		187.92	62.28	
0.050		224.25	74.32		242.41	80.34		256.03	84.86	
0.075		267.38	88.62		276.47	91.63		285.55	94.64	
0.100	1000	278.74	92.38	9.2	285.55	94.64	9.5	299.17	99.16	9.9
0.125		283.28	93.89		290.09	96.15		301.44	99.91	
0.150		285.55	94.64		294.63	97.65		308.25	102.17	
0.175		301.44	99.91		308.25	102.17		317.33	105.17	
0.200	1500	305.98	101.41	6.8	319.60	105.93	7.1	328.68	108.94	7.3
0.250		324.14	107.43		328.68	108.94		340.04	112.70	
0.300		333.22	110.44		346.85	114.96		355.93	117.97	
0.400		346.85	114.96		353.66	117.21		369.55	122.48	
0.500		353.66	117.21		369.55	122.48		417.23	138.28	







**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

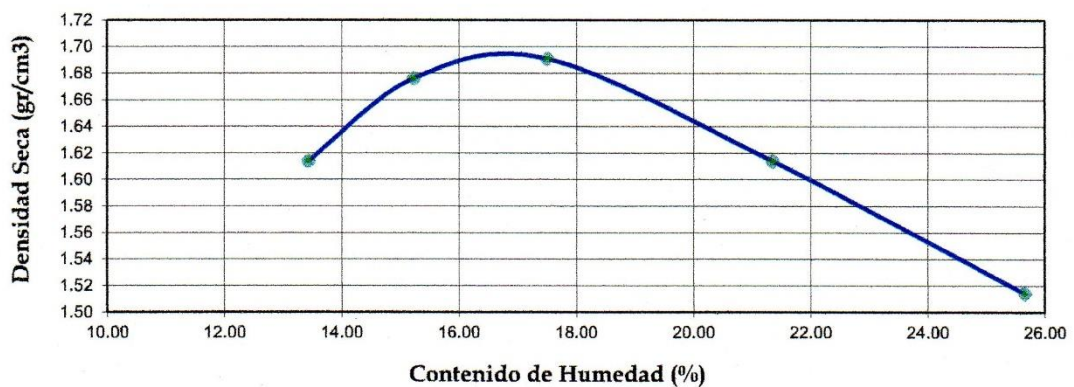
**ENSAYO DE COMPACTACION  
ASTM-D1557 / METODO "B"**

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	952.25	952.25	952.25	952.25	952.25
2	Peso del molde (gr)	4204.00	4204.00	4204.00	4204.00	4204.00
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	5947.10	6043.00	6096.00	6069.00	6016.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	1743.10	1839.00	1892.00	1865.00	1812.00
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.83	1.93	1.99	1.96	1.90

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

6	Peso de la tara (gr)	25.39	23.57	30.61	30.23	25.48
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	136.24	128.16	135.47	116.39	129.06
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	123.12	114.34	119.85	101.23	107.91
9	Peso del agua (gr)	13.12	13.82	15.62	15.16	21.15
10	Peso del suelo seco (gr)	97.73	90.77	89.24	71.00	82.43
11	Contenido de humedad (%)	13.42	15.23	17.50	21.35	25.66
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.61	1.68	1.69	1.61	1.51

**GRAFICO: DENSIDAD vs HUMEDAD**



Máxima Densidad Seca :	1.694 gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de Humedad :	16.95 %







**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**Proyecto :** ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ – SANTA ANCASH"

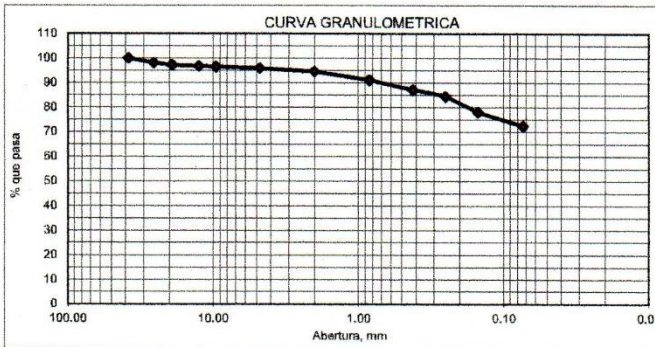
**Ubicación :** JIMBE - SANTA - ANCASH  
**Calicata :** C-04

**Muestra :** 1

**Fecha :** Agosto - 2018  
**Dosificación :** 1.5 % de Bagazo de Caña de Azúcar

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)**

<b>Peso Inicial Seco, [gr]</b>	1342.10		
<b>Peso Lavado y Seco, [gr]</b>	372.10		
<b>Mallas</b>	<b>Abertura [mm]</b>	<b>Peso Retenido [grs]</b>	<b>% Pasa</b>
3"	76.000		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	26.40	98.03
3/4"	19.050	11.50	97.18
1/2"	12.500	5.40	96.77
3/8"	9.525	4.50	96.44
N° 4	4.760	7.20	95.90
N° 10	2.000	18.40	94.53
N° 20	0.840	47.30	91.01
N° 40	0.420	52.30	87.11
N° 60	0.250	36.10	84.42
N° 100	0.150	86.40	77.98
N° 200	0.074	76.60	72.27
< N° 200		970.00	



**2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)**

**A. LIMITE LIQUIDO**

Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		87	71	164
1. No de Golpes		34	26	15
2. Peso Tara, [gr]		21.760	21.600	22.250
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		41.600	42.600	43.060
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		35.020	35.500	35.800
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)	6.580	7.100	7.260
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)	13.260	13.900	13.550
7. Contenido de Humedad, [%]	(5)/(6)X100	49.62	51.08	53.58

**B. LIMITE PLASTICO**

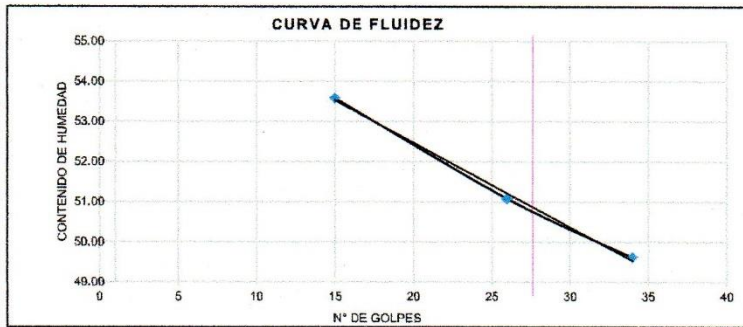
Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		9	21	50
1. Peso Tara, [gr]		22.850	23.050	23.560
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		25.310	25.720	25.940
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		24.850	25.200	25.450
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	0.460	0.520	0.490
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	2.000	2.150	1.890
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	23.000	24.186	25.926

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Fórmula	Tara No
		32
1. Peso Tara, [gr]		25.90
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		129.98
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		108.10
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	21.88
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	82.20
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	26.62

**RESUMEN**

Grava (No.4 < Diam < 3")	4.10%
Grava Gruesa (3/4" < Diam < 2")	2.82%
Grava Fina (N°4" < Diam < 3/4")	1.27%
<b>Arena (No.200 &lt; Diam &lt; No.4)</b>	<b>23.63%</b>
Arena Gruesa (No.10 < Diam < No.20)	1.37%
Arena Media (No.40 < Diam < No.10)	7.42%
Arena Fina (No.200 < Diam < No.40)	14.83%
<b>Finos (Diam &lt; No.200)</b>	<b>72.27%</b>
Límite Líquido	50.83%
Límite Plástico	24.37%
Índice Plasticidad	26.46%
Contenido de Humedad	26.62%
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6 (7)







**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
ASTM D-1883**

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ – SANTA ANCASH

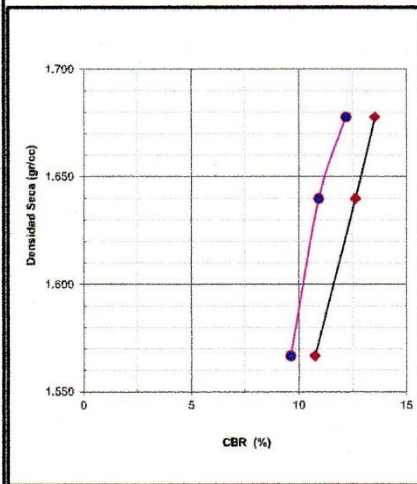
**UBICACIÓN** : JIMBE - SANTA - ANCASH  
**FECHA** : JULIO - 2018

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CANTERA** : C-04  
**MATERIAL** : M-1

**DOSIFICACIÓN** : 3.5 % De Cenizas de Cascara de Arroz

**CLASF. (SUCS)** : CL  
**CLASF.(AASHTO)** : A-4 (6)



**METODO DE COMPACTACION** : ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)** : 1.598  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 21.400

**C.B.R. Y DENSIDAD SECA**

MOLDE N°	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
Penetración (")	01"	0.2"	01"	0.2"	01"	0.2"
C.B.R. (%)	10.74	9.63	12.62	10.92	13.53	12.18
Densidad Seca	1.57	1.57	1.64	1.64	1.68	1.68

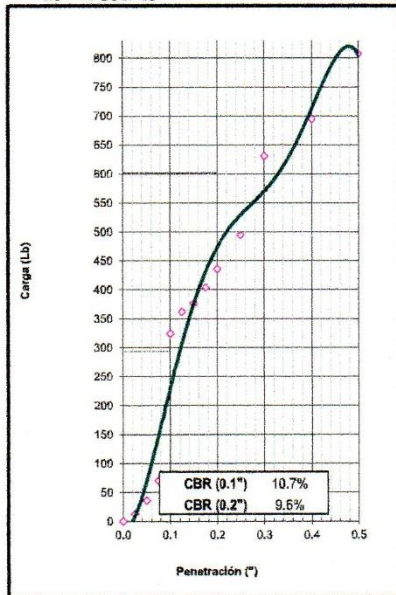
**C.B.R. y MAXIMA DENSIDAD SECA**

PARA 0.1"		PARA 0.2"	
C.B.R. (%)	Ds	C.B.R. (%)	Ds
10.74	1.57	9.63	1.57
12.62	1.64	10.92	1.64
13.53	1.68	12.18	1.68

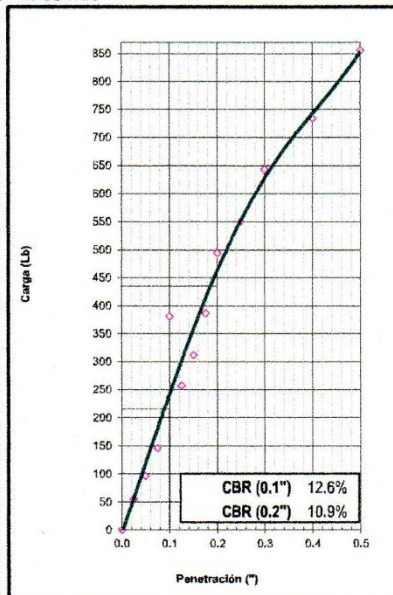
Ds Max	1.598	g/cm3	C.B.R. (0.1")	11.55
Ds Max (95%)	1.518	g/cm3	C.B.R. (0.2")	10.18

**C.B.R DE DISEÑO (3.5%) 10.18%**

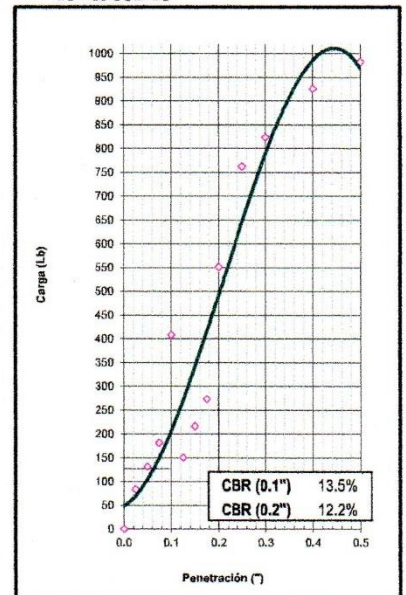
**EC = 12 GOLPES**



**EC = 26 GOLPES**



**EC = 55 GOLPES**







**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
**ASTM D-1883**

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ – SANTA ANCASH\*

**UBICACIÓN** : JIMBE - SANTA - ANCASH  
**FECHA** : JULIO - 2018

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-04  
**MUESTRA** : M-1 **DOSIFICACIÓN** : 3.5 % De Cenizas de Cascara de Arroz **CLASF. (SUCS)** : CL  
**CLASF. (AASHTO)** : A-4 (6)

**COMPACTACION**

	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		26		55	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11212.00	11579.00	11471.00	11562.00	11595.00	11467.00
Peso de molde (g)	7558.00	7558.00	7616.00	7616.00	7700.00	7700.00
Peso del suelo húmedo (g)	3654.00	4021.00	3855.00	3946.00	3895.00	3767.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2130.00	2130.00	2148.00	2148.00	2120.00	2120.00
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.715	1.888	1.795	1.837	1.837	1.777
Tara (N°)	4		48		2	
Peso suelo húmedo + tara (g)	113.50	4021.00	104.50	3946.00	109.10	3767.00
Peso suelo seco + tara (g)	106.00	3337.18	97.65	3522.25	101.59	3556.83
Peso de tara (g)	27.00	0.00	25.14	0.00	22.60	0.00
Peso de agua (g)	7.50	683.82	6.85	423.75	7.51	210.17
Peso de suelo seco (g)	79.00	3337.18	72.51	3522.25	78.99	3556.83
Contenido de humedad (%)	9.49	20.49	9.45	12.03	9.51	5.91
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.567	1.567	1.640	1.640	1.678	1.678

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
#####	09:30	00 Hrs.	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
#####	09:30	24 Hrs.	100.0000	100.000	2.19	78.0000	78.000	1.71	35.0000	35.000	0.77
#####	09:30	48 Hrs.	109.0000	109.000	2.39	83.0000	83.000	1.82	38.0000	38.000	0.83
#####	09:30	72 Hrs.	115.0000	115.000	2.52	88.0000	88.000	1.93	56.0000	56.000	1.23

**PENETRACION**

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION	
			lb	lb/pulg2		C.B.R (%)	lb		lb/pulg2	C.B.R (%)
0.000		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
0.025		13.11	4.34		55.11	18.26		83.49	27.67	
0.050		35.81	11.87		95.97	31.81		131.16	43.47	
0.075		69.86	23.16		145.92	48.36		181.11	60.03	
0.100	1000	324.14	107.43	10.7	380.90	126.24	12.6	408.15	135.27	13.5
0.125		361.60	119.85		257.17	85.23		150.46	49.87	
0.150		376.36	124.74		311.66	103.29		216.30	71.69	
0.175		403.61	133.77		386.58	128.13		273.06	90.50	
0.200	1500	435.62	144.38	9.6	494.42	163.87	10.9	551.18	182.68	12.2
0.250		494.42	163.87		550.04	182.30		762.32	252.66	
0.300		630.64	209.02		643.13	213.15		823.62	272.98	
0.400		694.21	230.09		733.94	243.25		925.79	306.84	
0.500		807.73	267.71		855.41	283.51		982.55	325.65	







**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

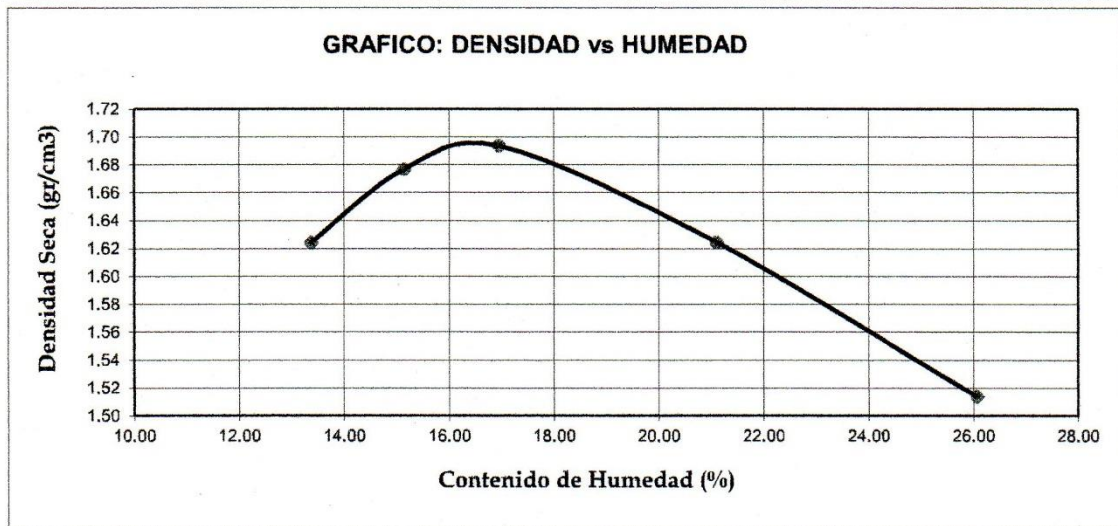
**ENSAYO DE COMPACTACION**  
**ASTM-D1557 / METODO "B"**

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	954.15	954.15	954.15	954.15	954.15
2	Peso del molde (gr)	4204.00	4204.00	4204.00	4204.00	4204.00
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	5961.00	6046.00	6094.00	6081.00	6025.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	1757.00	1842.00	1890.00	1877.00	1821.00
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84	1.93	1.98	1.97	1.91

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

6	Peso de la tara (gr)	31.77	24.77	26.60	31.39	39.28
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	123.11	131.67	129.65	124.08	133.78
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	112.34	117.61	114.71	107.93	114.24
9	Peso del agua (gr)	10.77	14.06	14.94	16.15	19.54
10	Peso del suelo seco (gr)	80.57	92.84	88.12	76.54	74.96
11	Contenido de humedad (%)	13.37	15.14	16.96	21.10	26.07
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.62	1.68	1.69	1.62	1.51

**GRAFICO: DENSIDAD vs HUMEDAD**



<b>Máxima Densidad Seca</b> :	<b>1.698 gr/cm3</b>
<b>Contenido de Humedad</b> :	<b>16.98 %</b>





**Proyecto** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ - TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ - SANTA ANCASH'

**Ubicación** : JIMBE - SANTA - ANCASH  
**Calicata** : C-04

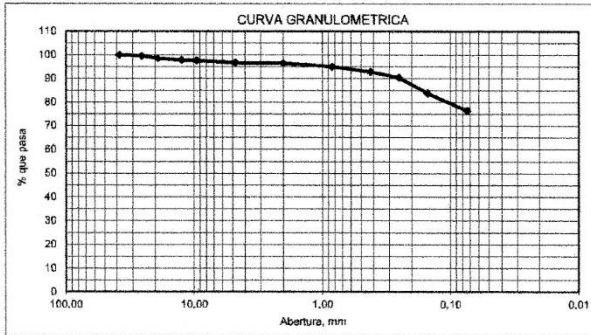
**Muestra** : 1

**Fecha** : Julio - 2018  
**Dosificación** : 3.5 % de Cenizas de Cascara de Arroz

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)**

Peso Inicial Seco, [gr]	1390.90
Peso Lavado y Seco, [gr]	328.00

Mallas	Abertura [mm]	Peso Retenido [grs]	% Pasa
3"	76.000		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	6.90	99.50
3/4"	19.050	14.30	98.48
1/2"	12.500	8.10	97.89
3/8"	9.525	4.50	97.57
N° 4	4.760	12.50	96.67
N° 10	2.000	3.20	96.44
N° 20	0.840	19.00	95.08
N° 40	0.420	30.90	92.85
N° 60	0.250	34.90	90.34
N° 100	0.150	90.40	83.84
N° 200	0.074	103.30	76.42
< N° 200		1062.90	



**2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)**

**A. LIMITE LIQUIDO**

Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		44	3	31
1. No de Golpes		35	26	16
2. Peso Tara, [gr]		22.610	22.410	23.530
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		49.900	42.180	52.080
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		41.850	36.200	43.200
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)	8.050	5.980	8.880
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)	19.240	13.790	19.670
7. Contenido de Humedad, [%]	(5)/(6)X100	41.84	43.36	45.14

**B. LIMITE PLASTICO**

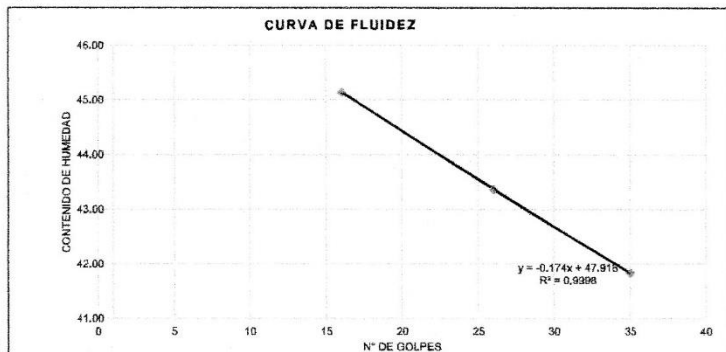
Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		32	20	15
1. Peso Tara, [gr]		21.090	22.280	21.760
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		24.430	25.750	25.870
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		23.660	24.950	24.880
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	0.750	0.800	0.990
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	2.590	2.670	3.120
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	28.958	29.963	31.731

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Fórmula	Tara No
		14
1. Peso Tara, [gr]		22.80
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		101.90
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		86.25
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	15.65
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	63.45
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	24.67

**RESUMEN**

Grava (No.4 < Diam < 3")	3.33%
Grava Gruesa (3/4" < Diam < 3")	1.52%
Grava Fina (N°4" < Diam < 3/4")	1.80%
<b>Arena (No.200 &lt; Diam &lt; No.4)</b>	<b>20.25%</b>
Arena Gruesa (No.10 < Diam < No.4)	0.23%
Arena Media (No.40 < Diam < No.10)	3.59%
Arena Fina (No.200 < Diam < No.40)	16.44%
<b>Finos (Diam &lt; No.200)</b>	<b>76.42%</b>
Limite Líquido	42.47%
Limite Plástico	30.22%
Indice Plasticidad	12.25%
Contenido de Humedad	24.67%
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-4 (6)







**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
**ASTM D-1883**

**PROYECTO :** ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ – SANTA ANCASH

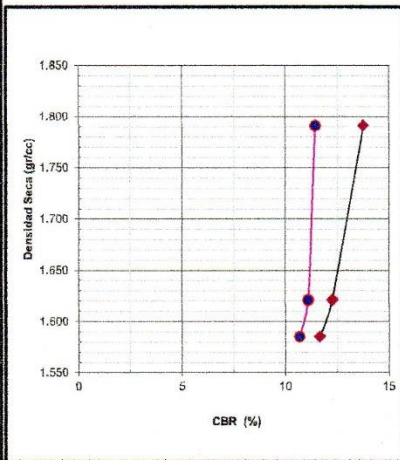
**UBICACIÓN :** JIMBE - SANTA - ANCASH  
**FECHA :** JULIO - 2018

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CANTERA :** C-04  
**MATERIAL :** M-1

**DOSIFICACIÓN :** 2.5 % De Cenizas de Cascarilla de Arroz

**CLASF. (SUCS) :** CL  
**CLASF.(AASHTO) :** A-6 (6)



**METODO DE COMPACTACION :** ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) :** 1.618  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :** 21.410

**C.B.R. Y DENSIDAD SECA**

MOLDE N°	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
Penetración (")	01"	0.2"	01"	0.2"	01"	0.2"
C.B.R. (%)	11.65	10.67	12.25	11.08	13.75	11.43
Densidad Seca	1.59	1.59	1.62	1.62	1.79	1.79

**C.B.R. y MAXIMA DENSIDAD SECA**

PARA 0.1"		PARA 0.2"	
C.B.R. (%)	Ds	C.B.R. (%)	Ds
11.65	1.59	10.67	1.59
12.25	1.62	11.08	1.62
13.75	1.79	11.43	1.79

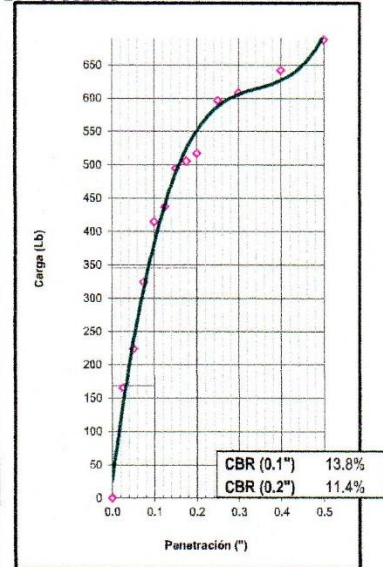
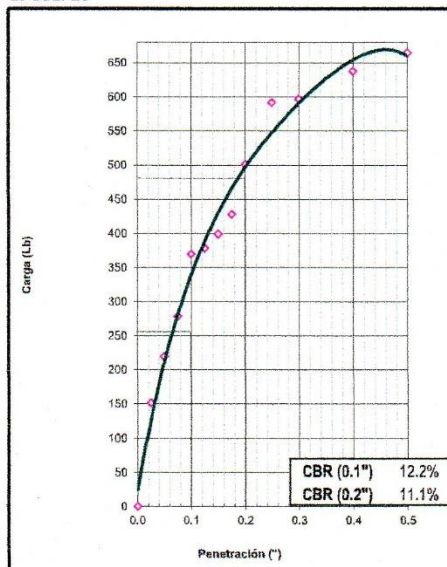
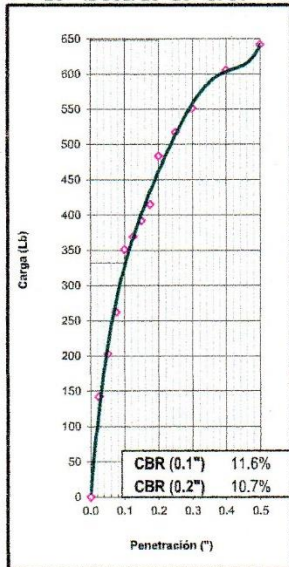
**Ds Max** 1.618 g/cm3 **C.B.R. (0.1")** 12.20  
**Ds Max (95%)** 1.537 g/cm3 **C.B.R. (0.2")** 11.04

**C.B.R. DE DISEÑO (2.5%)** 11.04%

**EC = 12 GOLPES EC = 25 GC**

**EC = 26 GOLPES**

**EC = 55 GOLPES**







**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
**ASTM D-1883**

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ - TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ - SANTA ANCASH

**UBICACIÓN** : JIMBE - SANTA - ANCASH  
**FECHA** : JULIO - 2018

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-04 **CLASF. (SUCS)** : CL  
**MUESTRA** : M-1 **DOSIFICACIÓN** : 2.5 % De Cenizas de Cascarilla de Arroz **CLASF. (AASHTO)** : A-6 (6)

**COMPACTACION**

	11178.00					
Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		26		55	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11178.00	11542.00	11211.00	11407.00	11412.00	11422.00
Peso de molde (g)	7370.00	7370.00	7373.00	7373.00	7607.00	7607.00
Peso del suelo húmedo (g)	3808.00	4172.00	3838.00	4034.00	3805.00	3815.00
Volumen del molde (cm³)	2090.00	2090.00	2125.00	2125.00	2103.00	2103.00
Densidad húmeda (g/cm³)	1.822	1.996	1.806	1.898	1.809	1.814
Tara (N°)	2		31		17	
Peso suelo húmedo + tara (g)	97.20	4172.00	104.30	4034.00	86.95	3815.00
Peso suelo seco + tara (g)	87.50	3312.99	96.00	3444.58	86.30	3766.96
Peso de tara (g)	22.58	0.00	23.33	0.00	21.93	0.00
Peso de agua (g)	9.70	859.01	8.30	589.42	0.65	48.04
Peso de suelo seco (g)	64.92	3312.99	72.67	3444.58	64.37	3766.96
Contenido de humedad (%)	14.94	25.93	11.42	17.11	1.01	1.28
Densidad seca (g/cm³)	1.585	1.585	1.621	1.621	1.791	1.791

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
03/08/2018	11:50	00 Hrs.	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
04/08/2018	11:50	24 Hrs.	39.0000	39.000	0.85	15.0000	15.000	0.33	2.0000	2.000	0.04
05/08/2018	11:50	48 Hrs.	41.0000	41.000	0.90	16.0000	16.000	0.35	5.0000	5.000	0.11
06/08/2018	11:50	72 Hrs.	43.0000	43.000	0.94	19.0000	19.000	0.42	8.0000	8.000	0.18

**PENETRACION**

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03			
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		
			lb	lb/pulg2		C.B.R (%)	lb		lb/pulg2	C.B.R (%)	lb
0.000			0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
0.025			141.83	47.01		151.60	50.24		165.22	54.76	
0.050			203.13	67.33		219.71	72.82		224.25	74.32	
0.075			262.16	86.89		278.74	92.38		324.14	107.43	
0.100	1000		351.39	116.46	11.6	369.55	122.48	12.2	414.96	137.53	13.8
0.125			389.55	122.48		378.63	125.49		437.66	145.06	
0.150			392.25	130.01		399.06	132.26		494.42	163.87	
0.175			414.96	137.53		427.90	141.82		505.77	167.63	
0.200	1500		483.07	160.11	10.7	501.23	166.13	11.1	517.12	171.39	11.4
0.250			517.12	171.39		591.36	196.00		596.59	197.73	
0.300			551.18	182.68		596.59	197.73		607.94	201.49	
0.400			605.67	200.74		637.45	211.27		641.99	212.78	
0.500			641.99	212.78		664.70	220.30		687.40	227.83	







**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

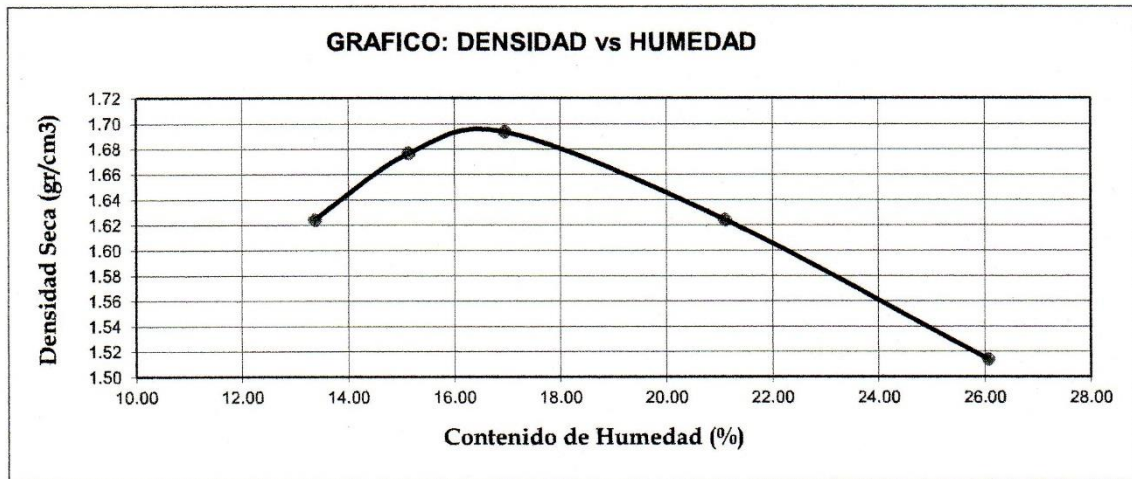
**ENSAYO DE COMPACTACION  
ASTM-D1557 / METODO "B"**

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	954.15	954.15	954.15	954.15	954.15
2	Peso del molde (gr)	4204.00	4204.00	4204.00	4204.00	4204.00
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	5961.00	6046.00	6094.00	6081.00	6025.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	1757.00	1842.00	1890.00	1877.00	1821.00
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84	1.93	1.98	1.97	1.91

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

6	Peso de la tara (gr)	31.77	24.77	26.60	31.39	39.28
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	123.11	131.67	129.65	124.08	133.78
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	112.34	117.61	114.71	107.93	114.24
9	Peso del agua (gr)	10.77	14.06	14.94	16.15	19.54
10	Peso del suelo seco (gr)	80.57	92.84	88.12	76.54	74.96
11	Contenido de humedad (%)	13.37	15.14	16.96	21.10	26.07
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.62	1.68	1.69	1.62	1.51

**GRAFICO: DENSIDAD vs HUMEDAD**



Máxima Densidad Seca :	1.698 gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de Humedad :	16.60 %







UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**Proyecto** : ESTABILIZACION DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERU – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERU – SANTA ANCASH

**Ubicación** : JIMBE - SANTA - ANCASH  
**Calicata** : C-04

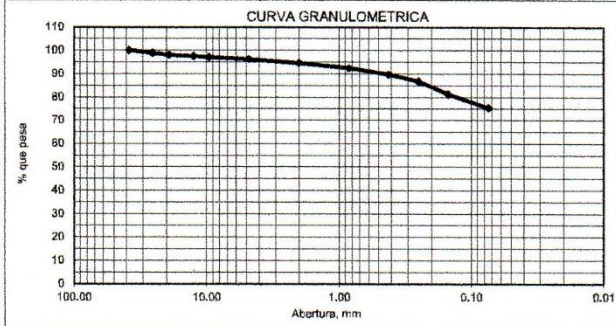
**Muestra** : 1

**Fecha** : Julio - 2018  
**Dosificación** : 2.5 % de Cenizas de Cascara de Arroz

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)**

Peso Inicial Seco, [gr]	2276.00
Peso Lavado y Seco, [gr]	562.22

Mallas	Abertura [mm]	Peso Retenido [grs]	% Pasa
3"	76.000		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	25.90	98.86
3/4"	19.050	18.10	98.07
1/2"	12.500	14.32	97.44
3/8"	9.525	7.90	97.09
N° 4	4.750	19.90	96.22
N° 10	2.000	35.60	94.65
N° 20	0.840	51.40	92.39
N° 40	0.420	63.30	89.61
N° 60	0.250	67.30	86.66
N° 100	0.150	122.80	81.26
N° 200	0.074	135.70	75.30
< N° 200		1713.78	



**2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)**

**A. LIMITE LIQUIDO**

Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		4	67	21
1. No de Golpes		35	26	16
2. Peso Tara, [gr]		27.000	22.750	23.050
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		51.900	39.210	43.580
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		44.610	34.250	37.200
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)	7.290	4.960	6.380
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)	17.610	11.500	14.150
7. Contenido de Humedad, [%]	(5)/(6)X100	41.40	43.13	45.09

**B. LIMITE PLASTICO**

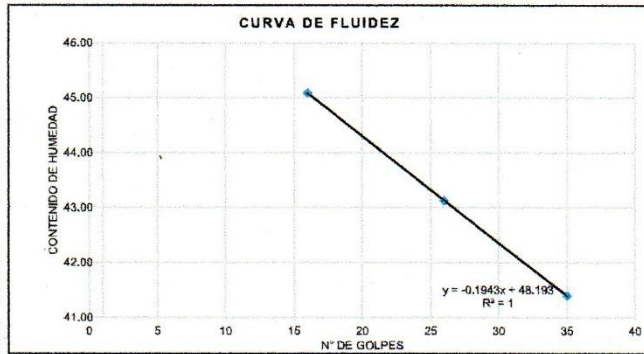
Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		87	16	12
1. Peso Tara, [gr]		21.760	21.850	23.270
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		24.190	23.940	25.810
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		23.670	23.460	25.200
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	0.520	0.480	0.610
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	1.910	1.610	1.930
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	27.225	29.814	31.606

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Fórmula	Tara No
		164
1. Peso Tara, [gr]		22.30
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		137.30
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		114.20
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	23.10
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	91.90
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	25.14

**RESUMEN**

Grava (No.4 < Diam < 3")	3.78%
Grava Gruesa (3/4" < Diam < 3")	1.93%
Grava Fina (N°4" < Diam < 3/4")	1.85%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	20.92%
Arena Gruesa (No.10 < Diam < No.4)	1.56%
Arena Media (No.40 < Diam < No.10)	5.04%
Arena Fina (No.200 < Diam < No.40)	14.31%
Finos (Diam < No.200)	75.30%
Limite Líquido	43.52%
Limite Plástico	29.55%
Indice Plasticidad	13.98%
Contenido de Humedad	25.14%
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6 (7)





RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
 ASTM D-1983

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ – SANTA ANCASH

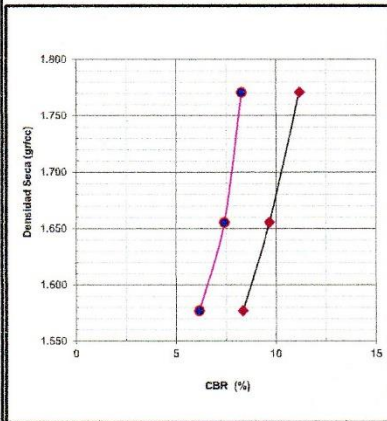
UBICACIÓN : JIMBE - SANTA - ANCASH  
 FECHA : JULIO - 2018

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : C-04  
 MATERIAL : M-1

DOSIFICACIÓN : 1.5 % De Cenizas de Cascara de Arroz

CLASF. (SUCS) : CL  
 CLASF. (AASHTO) : A-6 (8)



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557  
 MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) : 1.632  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 17.580

C.B.R. Y DENSIDAD SECA

MOLDE N°	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
Penetración (")	01"	0.2"	01"	0.2"	01"	0.2"
C.B.R. (%)	8.34	6.16	9.69	7.41	11.18	8.27
Densidad Seca	1.58	1.58	1.66	1.66	1.77	1.77

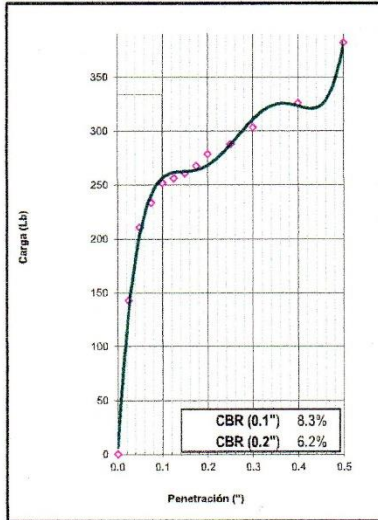
C.B.R. y MAXIMA DENSIDAD SECA

PARA 0.1"		PARA 0.2"	
C.B.R. (%)	Ds	C.B.R. (%)	Ds
8.34	1.58	6.16	1.58
9.69	1.66	7.41	1.66
11.18	1.77	8.27	1.77

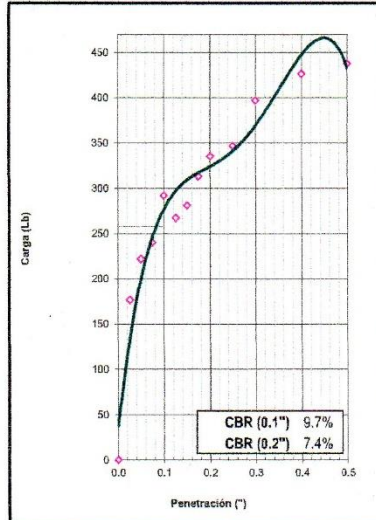
Ds Max	1.632	g/cm3	C.B.R. (0.1")	9.28
Ds Max (95%)	1.550	g/cm3	C.B.R. (0.2")	7.04

C.B.R. DE DISEÑO (1.5%) 7.04%

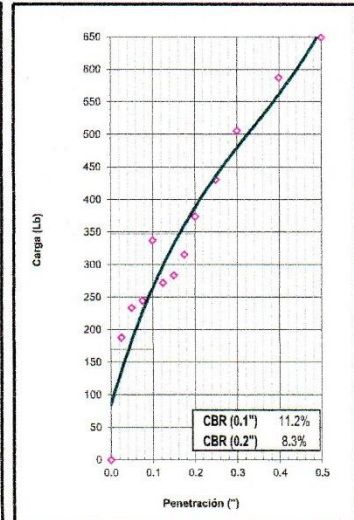
EC = 12 GOLPES



EC = 26 GOLPES



EC = 55 GOLPES







**UNS**  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
**ASTM D-1883**

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ - TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ - SANTA ANCASH

**UBICACIÓN** : JIMBE - SANTA - ANCASH  
**FECHA** : JULIO - 2018

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-04 **CLASF. (SUCS)** : CL  
**MUESTRA** : M-1 **DOSIFICACIÓN** : 1.5 % De Cenizas de Cascara de Arroz **CLASF. (AASHTO)** : A-6 (8)

**COMPACTACION**

Condición de la muestra	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		26		55	
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11298.00	11733.00	11542.00	11721.00	11605.00	11535.00
Peso de molde (g)	7558.00	7558.00	7616.00	7616.00	7700.00	7700.00
Peso del suelo húmedo (g)	3740.00	4175.00	3926.00	4105.00	3905.00	3835.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2130.00	2130.00	2148.00	2148.00	2120.00	2120.00
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.756	1.960	1.828	1.911	1.842	1.809
Tara (N°)	20		19		31	
Peso suelo húmedo + tara (g)	87.60	4175.00	111.90	4105.00	90.80	3835.00
Peso suelo seco + tara (g)	80.95	3359.24	103.40	3556.03	88.20	3754.07
Peso de tara (g)	22.28	0.00	21.70	0.00	23.53	0.00
Peso de agua (g)	6.65	815.76	8.50	548.97	2.60	80.93
Peso de suelo seco (g)	58.67	3359.24	81.70	3556.03	64.67	3754.07
Contenido de humedad (%)	11.33	24.28	10.40	15.44	4.02	2.16
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.577	1.577	1.656	1.656	1.771	1.771

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
26/07/2018	11:20	00 Hrs.	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
27/07/2018	11:20	24 Hrs.	68.0000	68.0000	1.49	35.0000	35.0000	0.77	27.0000	27.0000	0.59
28/07/2018	11:20	48 Hrs.	71.0000	71.0000	1.56	38.0000	38.0000	0.83	31.0000	31.0000	0.68
29/07/2018	11:20	72 Hrs.	74.0000	74.0000	1.62	44.0000	44.0000	0.96	35.0000	35.0000	0.77

**PENETRACION**

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION	
			lb	lb/pulg2		C.B.R (%)	lb		lb/pulg2	C.B.R (%)
0.000		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
0.025		142.52	47.23		176.57	58.52		187.92	62.28	
0.050		210.63	69.81		221.98	73.57		233.33	77.33	
0.075		233.33	77.33		240.14	79.59		244.68	81.10	
0.100	1000	251.76	83.44	8.3	292.22	96.85	9.7	337.18	111.75	11.2
0.125		256.26	84.93		267.38	88.62		271.93	90.13	
0.150		260.75	86.42		281.01	93.14		283.28	93.89	
0.175		267.50	88.66		312.79	103.67		315.06	104.42	
0.200	1500	278.74	92.38	6.2	335.50	111.19	7.4	374.09	123.99	8.3
0.250		287.73	95.36		346.85	114.96		430.85	142.80	
0.300		303.46	100.58		396.79	131.51		505.77	167.63	
0.400		325.94	108.03		426.31	141.29		587.50	194.72	
0.500		382.14	126.65		437.66	145.06		648.80	215.04	







**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

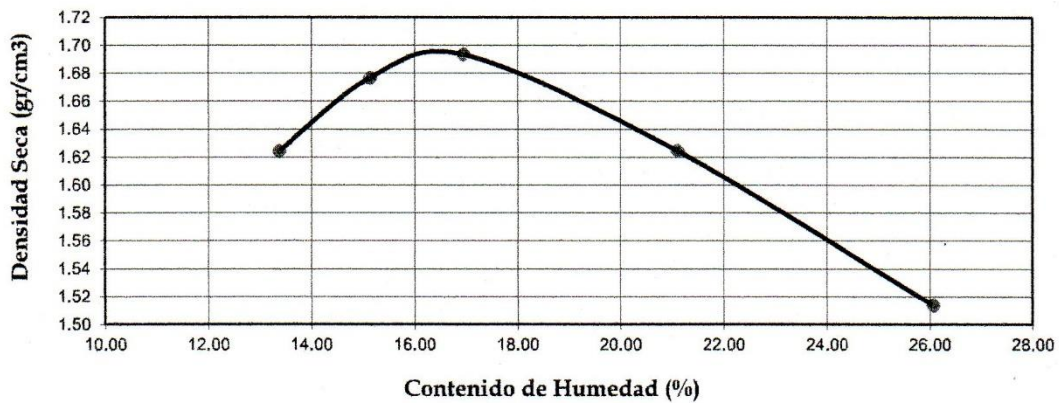
**ENSAYO DE COMPACTACION**  
**ASTM-D1557 / METODO "B"**

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	954.15	954.15	954.15	954.15	954.15
2	Peso del molde (gr)	4204.00	4204.00	4204.00	4204.00	4204.00
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	5961.00	6046.00	6094.00	6081.00	6025.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	1757.00	1842.00	1890.00	1877.00	1821.00
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84	1.93	1.98	1.97	1.91

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

6	Peso de la tara (gr)	31.77	24.77	26.60	31.39	39.28
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	123.11	131.67	129.65	124.08	133.78
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	112.34	117.61	114.71	107.93	114.24
9	Peso del agua (gr)	10.77	14.06	14.94	16.15	19.54
10	Peso del suelo seco (gr)	80.57	92.84	88.12	76.54	74.96
11	Contenido de humedad (%)	13.37	15.14	16.96	21.10	26.07
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.62	1.68	1.69	1.62	1.51

**GRAFICO: DENSIDAD vs HUMEDAD**



Máxima Densidad Seca	:	1.697 gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de Humedad	:	16.55 %





Proyecto : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ - TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ - SANTA ANCASH\*

Ubicación : JIMBE - SANTA - ANCASH  
 Calicata : C-04

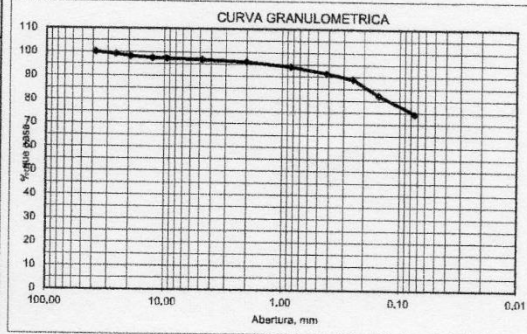
Muestra : 1

Fecha : Julio - 2018  
 Dosificación : 1.5 % de Cenizas de Cascara de Arroz

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	1434.80
Peso Lavado y Seco, [gr]	367.52

Mallas	Abertura [mm]	Peso Retenido [grs]	% Pasa
3"	76.000		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	12.20	99.15
3/4"	19.050	14.40	98.15
1/2"	12.500	7.62	97.61
3/8"	9.525	4.20	97.32
N° 4	4.760	6.20	96.89
N° 10	2.000	11.90	96.06
N° 20	0.840	27.70	94.13
N° 40	0.420	39.60	91.37
N° 60	0.250	33.60	89.03
N° 100	0.150	98.10	82.19
N° 200	0.074	112.00	74.39
< N° 200		1067.28	



2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)

A. LIMITE LIQUIDO

Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		13	9	14
1. No de Golpes		35	26	16
2. Peso Tara, [gr]		22.900	23.100	22.770
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		45.500	49.200	44.400
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		38.100	40.420	36.900
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)	7.400	8.780	7.500
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)	15.200	17.320	14.130
7. Contenido de Humedad, [%]	(5)/(6)X100	48.68	50.69	53.08

B. LIMITE PLASTICO

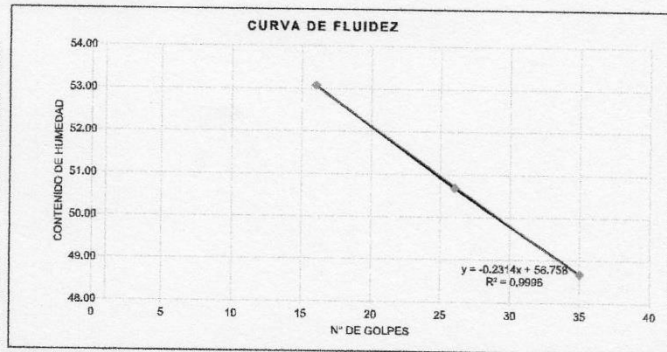
Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		22	8	71
1. Peso Tara, [gr]		21.600	22.150	20.650
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		24.360	25.100	23.510
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		23.850	24.500	22.900
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	0.510	0.600	0.610
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	2.250	2.350	2.250
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	22.667	25.532	27.111

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Fórmula	Tara No
		18
1. Peso Tara, [gr]		22.70
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		124.90
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		103.40
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	21.50
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	80.70
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	26.64

RESUMEN

Grava (No.4 < Diam < 3")	3.11%
Grava Gruesa (3/4" < Diam < 3")	1.85%
Grava Fina (N°4 < Diam < 3/4")	1.26%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	22.50%
Arena Gruesa (No.10 < Diam < No.4)	0.83%
Arena Media (No.40 < Diam < No.10)	4.69%
Arena Fina (No.200 < Diam < No.40)	16.98%
Finos (Diam < No.200)	74.39%
Límite Líquido	49.72%
Límite Plástico	25.10%
Índice Plástico	24.62%
Contenido de Humedad	26.64%
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6 (8)







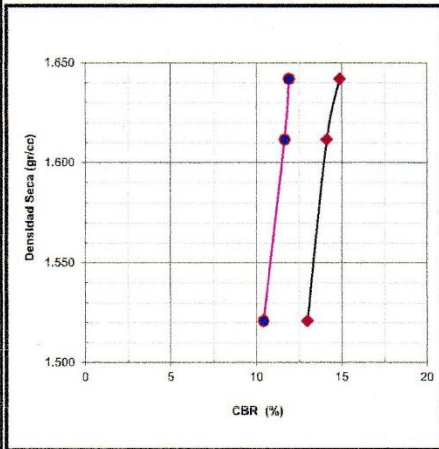
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
 ASTM D-1883**

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ – SANTA ANCASH\*

**UBICACIÓN** : JIMBE - SANTA - ANCASH  
**FECHA** : JULIO - 2018

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CANTERA** : C-04  
**MATERIAL** : M-1  
**DOSIFICACIÓN** : 3.5 % De Cal  
**CLASF. (SUCS)** : CL  
**CLASF.(AASHTO)** : A-4 (3)



**METODO DE COMPACTACION** : ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>)** : 1.581  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 21.600

**C.B.R. Y DENSIDAD SECA**

MOLDE N°	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
Penetración (")	01"	0.2"	01"	0.2"	01"	0.2"
C.B.R. (%)	13.00	10.42	14.13	11.68	14.88	11.93
Densidad Seca	1.52	1.52	1.61	1.61	1.64	1.64

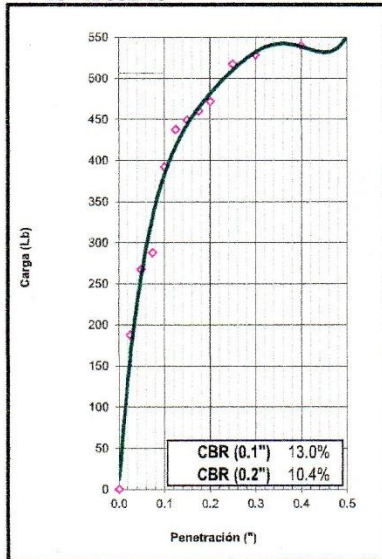
**C.B.R. y MAXIMA DENSIDAD SECA**

PARA 0.1"	PARA 0.2"		
C.B.R. (%)	Ds	C.B.R. (%)	Ds
13.00	1.52	10.42	1.52
14.13	1.61	11.68	1.61
14.88	1.64	11.93	1.64

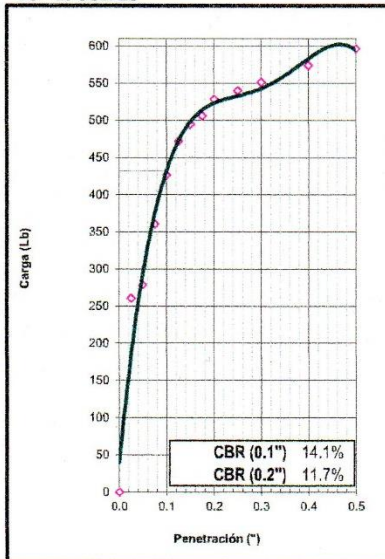
Ds Max	1.581	g/cm3	C.B.R. (0.1")	13.75
Ds Max (95%)	1.502	g/cm3	C.B.R. (0.2")	11.25

**C.B.R. DE DISEÑO (3.5%)** 11.25%

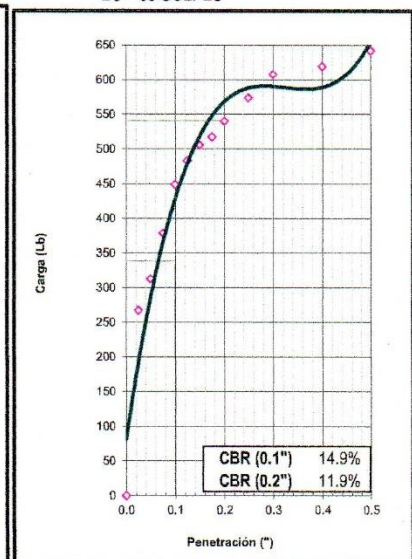
**EC = 12 GOLPES**



**EC = 26 GOLPES**



**EC = 55 GOLPES**







RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
 ASTM D-1883

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRERA CACERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ – SANTA ANCASH

UBICACIÓN : JIMBE - SANTA - ANCASH  
 FECHA : JULIO - 2018

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-04 CLASF. (SUCS) : CL  
 MUESTRA : M-1 DOSIFICACIÓN : 3.5 % De Cal CLASF. (AASHTO) : A-4 (3)

COMPACTACION

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capas N°	12		26		55	
Golpes por capa N°	12		26		55	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11313.00	11513.00	11692.00	11863.00	11731.00	11984.00
Peso de molde (g)	7558.00	7558.00	7616.00	7616.00	7700.00	7700.00
Peso del suelo húmedo (g)	3755.00	3955.00	4076.00	4247.00	4031.00	4284.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2130.00	2130.00	2148.00	2148.00	2120.00	2120.00
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.763	1.857	1.898	1.977	1.901	2.021
Tara (N°)	20		17		11	
Peso suelo húmedo + tara (g)	102.40	3955.00	100.90	4247.00	116.10	4284.00
Peso suelo seco + tara (g)	91.40	3239.46	89.00	3461.79	103.60	3480.92
Peso de tara (g)	22.28	0.00	21.93	0.00	24.50	0.00
Peso de agua (g)	11.00	715.54	11.90	785.21	12.50	803.08
Peso de suelo seco (g)	69.12	3239.46	67.07	3461.79	79.10	3480.92
Contenido de humedad (%)	15.91	22.09	17.74	22.68	15.80	23.07
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.521	1.521	1.612	1.612	1.642	1.642

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
23/07/2018	10:00	00 Hrs.	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24/07/2018	10:00	24 Hrs.	91.0000	91.000	1.99	75.0000	75.000	1.64	45.0000	45.000	0.99
25/07/2018	10:00	48 Hrs.	96.0000	98.000	2.15	79.0000	79.000	1.73	48.0000	48.000	1.06
26/07/2018	10:00	72 Hrs.	101.0000	105.000	2.30	84.0000	84.000	1.84	52.0000	52.000	1.14

PENETRACION

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION	
			lb	lb/pulg2		C.B.R (%)	lb		lb/pulg2	C.B.R (%)
0.000		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
0.025		187.92	82.28		260.57	86.36		267.38	88.62	
0.050		267.38	86.62		278.74	92.38		312.79	103.67	
0.075		287.82	95.39		360.47	119.47		378.63	125.49	
0.100	1000	392.25	130.01	13.0	426.31	141.29	14.1	449.01	148.82	14.9
0.125		437.66	145.06		471.72	156.34		483.07	160.11	
0.150		449.01	148.82		494.42	163.87		505.77	167.63	
0.175		460.36	152.58		505.77	167.63		517.12	171.39	
0.200	1500	471.72	156.34	10.4	528.47	175.15	11.7	539.83	178.92	11.9
0.250		517.12	171.39		539.83	178.92		573.88	190.20	
0.300		528.47	175.15		551.18	182.68		607.94	201.49	
0.400		539.83	178.92		573.88	190.20		619.29	205.25	
0.500		551.18	182.68		596.59	197.73		641.99	212.78	







**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**Proyecto** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ – SANTA ANCASH\*

**Ubicación** : JIMBE - SANTA - ANCASH  
**Calicata** : C-04

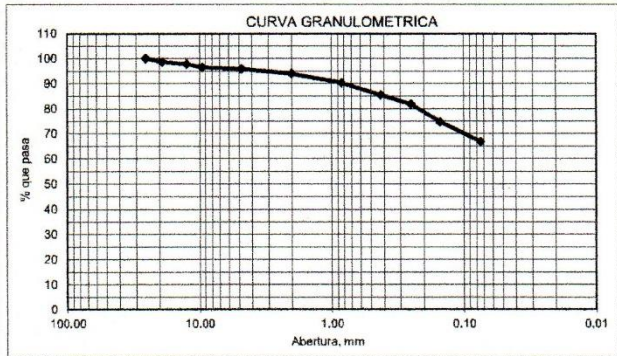
**Muestra** : 1

**Fecha** : Julio - 2018  
**Dosificación** : 3.5 % de Cal

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)**

<b>Peso Inicial Seco, [gr]</b>	1344.20
<b>Peso Lavado y Seco, [gr]</b>	447.91

Mallas	Abertura [mm]	Peso Retenido [grs]	% Pasa
3"	76.000		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400	0.00	100.00
3/4"	19.050	19.10	98.58
1/2"	12.500	10.20	97.82
3/8"	9.525	16.90	96.56
N° 4	4.760	8.80	95.91
N° 10	2.000	25.61	94.00
N° 20	0.840	49.60	90.31
N° 40	0.420	66.20	85.39
N° 60	0.250	47.70	81.84
N° 100	0.150	97.60	74.58
N° 200	0.074	106.20	66.68
< N° 200		896.29	



**2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)**

**A. LIMITE LIQUIDO**

Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		50	42	29
1. No de Golpes		34	26	15
2. Peso Tara, [gr]		21.400	21.980	20.600
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		44.600	42.300	40.300
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		38.050	36.280	34.100
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)	6.550	6.020	6.200
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)	16.650	14.300	13.500
7. Contenido de Humedad, [%]	(5)/(6)X100	39.34	42.10	45.93

**B. LIMITE PLASTICO**

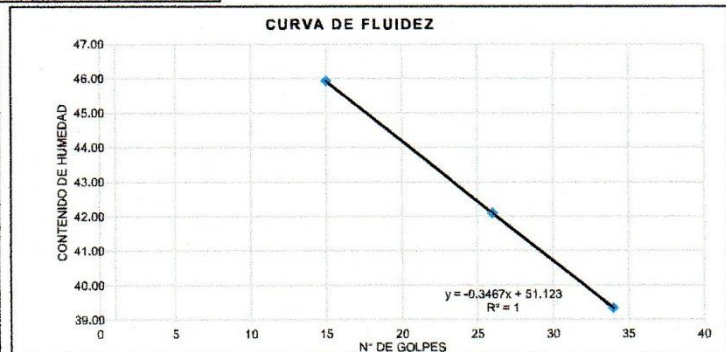
Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		17	5	23
1. Peso Tara, [gr]		21.930	21.840	22.190
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		34.670	33.800	34.700
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		31.750	30.950	31.600
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	2.920	2.850	3.100
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	9.820	9.110	9.410
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	29.735	31.284	32.944

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Fórmula	Tara No
		34
1. Peso Tara, [gr]		22.00
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		212.80
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		177.45
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	35.35
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	155.45
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	22.74

**RESUMEN**

Grava (No.4 < Diam < 3")	4.09%
Grava Gruesa (3/4" < Diam < 3")	1.42%
Grava Fina (N° 4" < Diam < 3/4")	2.67%
<b>Arena (No.200 &lt; Diam &lt; No.4)</b>	<b>29.23%</b>
Arena Gruesa (No.10 < Diam < No.4)	1.91%
Arena Media (No.40 < Diam < No.10)	8.61%
Arena Fina (No.200 < Diam < No.40)	18.71%
<b>Finos (Diam &lt; No.200)</b>	<b>66.68%</b>
Límite Líquido	42.30%
Límite Plástico	31.32%
Índice Plasticidad	10.98%
Contenido de Humedad	22.74%
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-4 (3)







UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**Proyecto** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ – SANTA ANCASH”

**Ubicación** : JIMBE - SANTA - ANCASH **Fecha** Julio - 2018

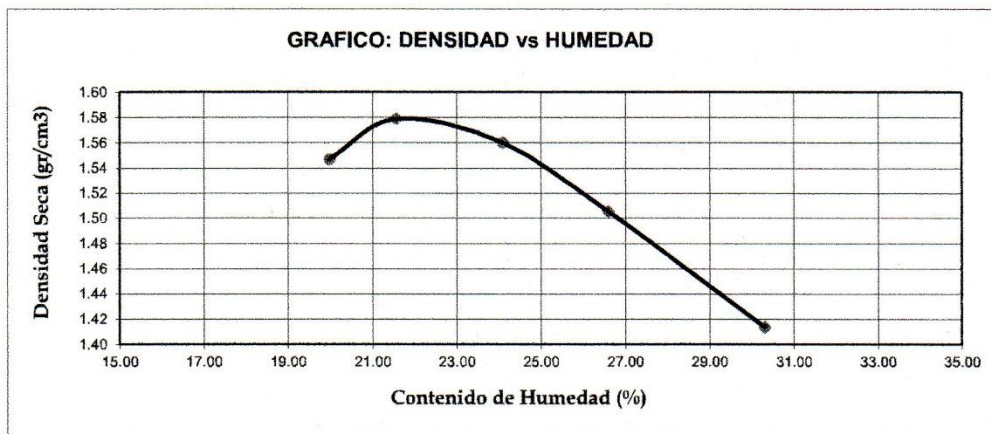
**Calicata** : C-04 **Muestra** : M-1 **Dosificación** 3.5 % De Cal

**ENSAYO DE COMPACTACION**  
**ASTM-D1557 / METODO "B"**

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2107.00	2107.00	2107.00	2107.00	2107.00
2	Peso del molde (gr)	4204.00	4204.00	4204.00	4204.00	4204.00
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	8115.00	8248.50	8283.00	8219.00	8085.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	3911.00	4044.50	4079.00	4015.00	3881.00
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.86	1.92	1.94	1.91	1.84

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

6	Peso de la tara (gr)	25.71	27.07	26.08	26.43	25.84
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	138.78	143.03	141.66	139.21	140.52
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	119.95	122.46	119.22	115.52	113.85
9	Peso del agua (gr)	18.83	20.57	22.44	23.69	26.67
10	Peso del suelo seco (gr)	94.24	95.39	93.14	89.09	88.01
11	Contenido de humedad (%)	19.98	21.56	24.09	26.59	30.30
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.55	1.58	1.56	1.505	1.41



<b>Máxima Densidad <math>\xi</math> :</b>	<b>1.581 gr/cm<sup>3</sup></b>
<b>Contenido de Hum: :</b>	<b>21.60 %</b>





**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

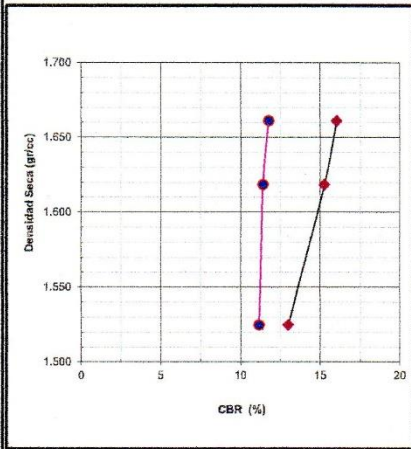
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
ASTM D-1883**

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA  
CARRETERA CACERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ – SANTA ANCASH\*

**UBICACIÓN** : JIMBE - SANTA - ANCASH  
**FECHA** : JULIO - 2018

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CANTERA** : C-04 **CLASF. (SUCS)** : CL  
**MATERIAL** : M-1 **DOSIFICACIÓN : 2.5 % De Cal** **CLASF.(AASHTO)** : A-4 (4)



**METODO DE COMPACTACION** : ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 1.610  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 20.921

**C.B.R. Y DENSIDAD SECA**

MOLDE N°	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
	01"	0.2"	01"	0.2"	01"	0.2"
Penetración (")	13.00	11.18	15.26	11.43	16.01	11.78
Densidad Seca	1.52	1.62	1.52	1.62	1.66	1.66

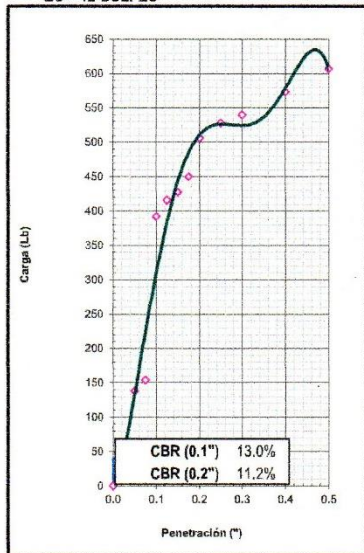
**C.B.R. y MAXIMA DENSIDAD SECA**

PARA 0.1"		PARA 0.2"	
C.B.R. (%)	Ds	C.B.R. (%)	Ds
13.00	1.52	11.18	1.52
15.26	1.62	11.43	1.62
16.01	1.66	11.78	1.66

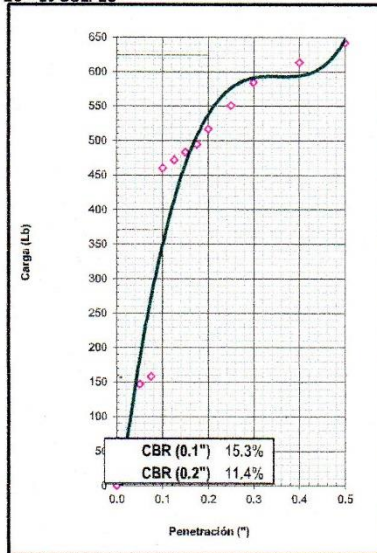
Ds Max	1.610	g/cm3	C.B.R. (0.1")	15.05
Ds Max (95%)	1.530	g/cm3	C.B.R. (0.2")	11.40

**C.B.R. DE DISEÑO (2.5%)** 11.40%

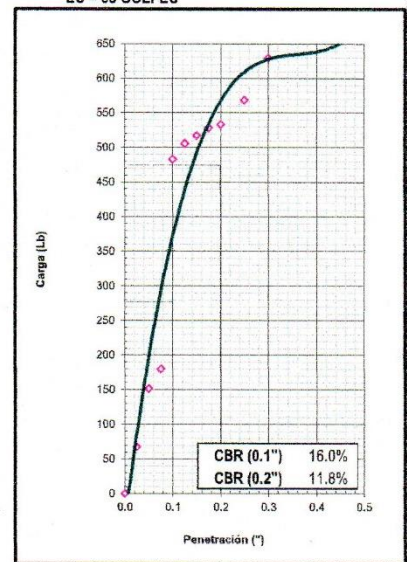
**EC = 12 GOLPES**



**EC = 26 GOLPES**



**EC = 55 GOLPES**







UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
 ASTM D-1883

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ – SANTA ANCASH

UBICACIÓN : JIMBE - SANTA - ANCASH  
 FECHA : JULIO - 2018

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-04 CLASF. (SUCS) : CL  
 MUESTRA : M-1 DOSIFICACIÓN : 2.5 % De Cal CLASF. (AASHTO) : A-4 (4)

COMPACTACION

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capas N°	12		26		55	
Golpes por capa N°	12		26		55	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11371.00	11413.00	11592.00	11673.00	11833.00	11914.00
Peso de molde (g)	7370.00	7370.00	7373.00	7373.00	7607.00	7607.00
Peso del suelo húmedo (g)	4001.00	4043.00	4219.00	4300.00	4226.00	4307.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2090.00	2090.00	2125.00	2125.00	2103.00	2103.00
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.914	1.934	1.985	2.024	2.010	2.048
Tara (N°)	16		36		5	
Peso suelo húmedo + tara (g)	94.10	4043.00	87.90	4300.00	60.50	4307.00
Peso suelo seco + tara (g)	79.40	3186.96	75.60	3439.35	53.80	3493.61
Peso de tara (g)	21.85	0.00	21.34	0.00	21.84	0.00
Peso de agua (g)	14.70	856.04	12.30	860.65	6.70	813.39
Peso de suelo seco (g)	57.55	3186.96	54.26	3439.35	31.96	3493.61
Contenido de humedad (%)	25.54	26.86	22.67	25.02	20.96	23.28
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.525	1.525	1.619	1.619	1.661	1.661

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
19/07/2018	12:10	00 Hrs.	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
20/07/2018	12:10	24 Hrs.	30.0000	30.000	0.66	12.0000	12.000	0.26	0.0000	0.000	0.00
21/07/2018	12:10	48 Hrs.	32.0000	32.000	0.70	15.0000	15.000	0.33	2.0000	2.000	0.04
22/07/2018	12:10	72 Hrs.	34.0000	34.000	0.74	16.0000	16.000	0.35	4.0000	4.000	0.09

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03			
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		
Pulgadas	Lb/pulg2	lb	lb/pulg2	C.B.R (%)	lb	lb/pulg2	C.B.R (%)	lb	lb/pulg2	C.B.R (%)	
0.000			0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
0.025			40.35	13.37		56.24	18.64		67.59	22.40	
0.050			137.97	45.73		147.06	48.74		151.60	50.24	
0.075			153.87	51.00		158.41	52.50		179.83	59.60	
0.100	1000		392.25	130.01	13.0	460.36	152.58	15.3	483.07	160.11	16.0
0.125			415.86	137.83		472.05	156.45		505.77	167.63	
0.150			427.10	141.55		483.29	160.18		517.01	171.36	
0.175			449.57	149.00		494.53	163.91		526.25	175.08	
0.200	1500		505.77	167.63	11.2	517.12	171.39	11.4	533.02	176.66	11.8
0.250			526.25	175.08		550.73	182.53		568.71	188.49	
0.300			539.49	178.81		584.45	193.71		629.40	208.61	
0.400			573.21	189.98		613.67	203.39		663.12	219.78	
0.500			606.93	201.16		641.99	212.78		676.61	224.25	







**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**Proyecto** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUB RASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ – SANTA ANCASH”

**Ubicación** : JIMBE - SANTA - ANCASH

**Fecha** Julio - 2018

**Calicata** : C-04

**Muestra** : M-1

**Dosificación** : 2.5 % De Cal

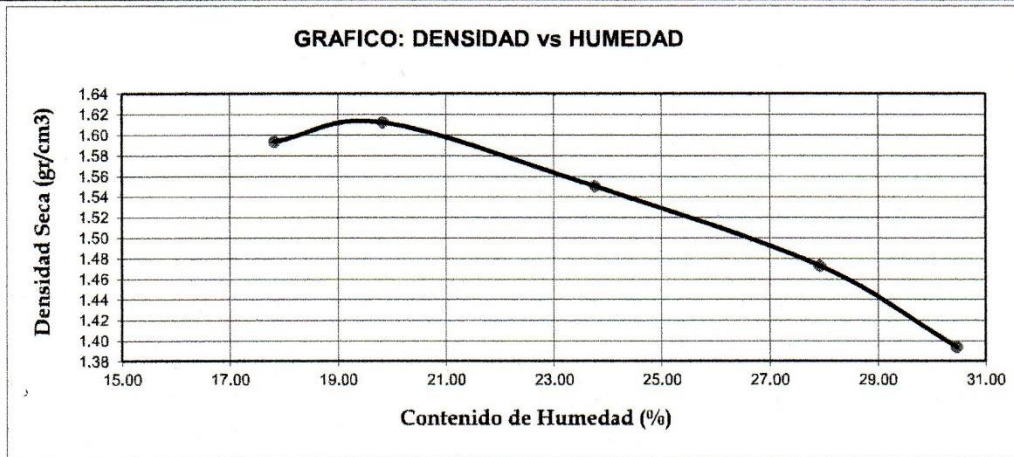
**ENSAYO DE COMPACTACION  
ASTM-D1557 / METODO "B"**

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	952.25	952.25	952.25	952.25	952.25
2	Peso del molde (gr)	4204.00	4204.00	4204.00	4204.00	4204.00
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	5992.00	6044.00	6031.00	5998.00	5935.70
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	1788.00	1840.00	1827.00	1794.00	1731.70
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.88	1.93	1.92	1.88	1.82

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

6	Peso de la tara (gr)	27.12	26.85	26.93	25.79	26.81
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	149.32	137.00	138.64	142.60	131.95
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	130.83	118.77	117.20	117.10	107.40
9	Peso del agua (gr)	18.49	18.23	21.44	25.50	24.55
10	Peso del suelo seco (gr)	103.71	91.92	90.27	91.31	80.59
11	Contenido de humedad (%)	17.83	19.83	23.75	27.93	30.46
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.59	1.61	1.55	1.47	1.39

**GRAFICO: DENSIDAD vs HUMEDAD**



<b>Máxima Densida :</b>	<b>1.610 gr/cm3</b>
<b>Contenido de Hu :</b>	<b>20.82 %</b>
<b>95% De Maxima Densidad Seca</b>	<b>1.5295 g/cm3</b>





RELACION DE SUELOS DE LA ZONA DE LA ZONA DE  
 AGRICULTURA

PROYECTO: ESTABLECIMIENTO DE SUELOS PARA ATENDER LOS EFECTOS DE PLANTACIONES NATURALES DE AGUACAY EN LA  
 CARRETERA CAYSHI DEL PERU - TRAMO DISTRITO DE VALERES DEL PERU - SANTA REGION

UBICACION: CAYSHI - SANTA REGION  
 FECHA: JULIO - 2012

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: C-1 CLASE (BURD): C-2  
 MATERIAL: N-1 PROFUNDIDAD: 1.20 m CLASE (AGUACAY): 1.40-1.60

METODO DE COMPACTACION:   
 MASA (EN GRAMOS) (g):   
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%):

ASTM D 1557  
 1.07  
 1.000

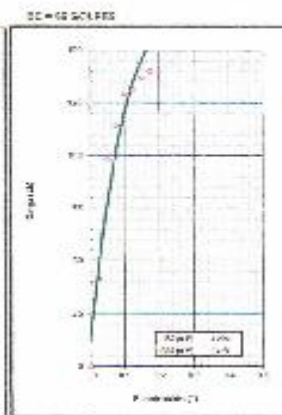
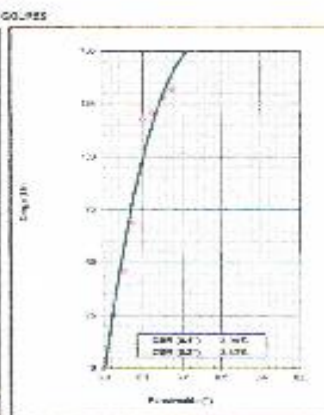
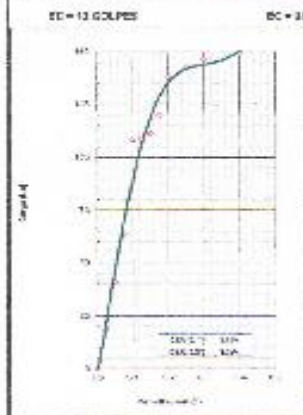
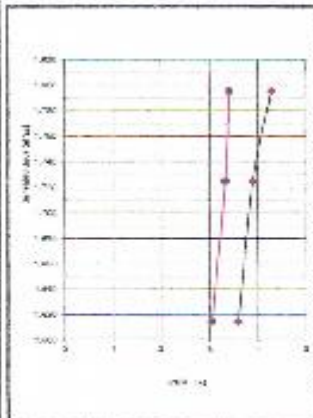
C.A.R. Y DENSIDAD SECA

BOLDE N°	VOL. DE O1	VOL. DE O2	VOL. DE O3	VOL. DE O4	VOL. DE O5
Penetración P	01	03	04	05	07
C.B.R. (%)	1.48	2.25	3.36	5.03	6.75
Densidad Seca	1.51	1.87	2.12	2.42	2.68

C.B.R. Y MUESTRA DENSIDAD SECA

PARA 0.1"		PARA 0.3"	
C.B.R. (%)	D <sub>s</sub>	C.B.R. (%)	D <sub>s</sub>
1.59	1.71	2.23	1.91
3.36	1.75	3.37	1.75
4.25	1.90	5.43	1.97

D <sub>s</sub> Max	1.97	gramo	C.B.R. (0.1")	5.03
D <sub>s</sub> Max (NOM)	1.416	gramo	C.B.R. (0.3")	3.36
C.B.R. DE DISEÑO (padrón normal)		3.29%		





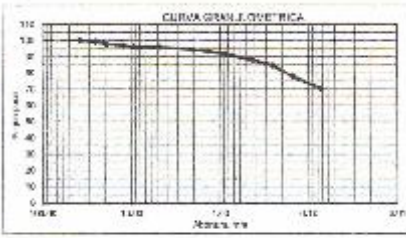


Proyecto: DISEÑO DE CIMENTACIONES PARA ABRIR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUELO PASANTE DE LA CARRETERA SACRETES DEL TACNA - PARA LOS TUNEL DE CAJONES DEL VERO - SANTA ANTONIO

Ubicación: JUNSE - SANTA - TACNA  
 Calzada: C-54  
 Muestra: 77  
 Fecha: Julio - 2013  
 Densificación: 1.5 % 95 Gm

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Pasas
2"	50.800		
4"	101.600		
10"	254.000	0.20	100.00
20"	508.000	11.00	99.24
40"	1016.000	23.40	97.72
60"	1524.000	31.20	97.06
80"	2032.000	37.20	96.29
Nº 10	1.75	6.20	96.82
Nº 20	0.85	21.30	94.91
Nº 40	0.425	41.20	91.52
Nº 60	0.25	58.70	87.94
Nº 80	0.18	65.0	84.95
Nº 100	0.15	73.40	77.34
Nº 200	0.075	112.20	76.99
Nº 425		108.24	



2. LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D293)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Fórmula	Tem No		
		3	71	93
1. No de golpes		24	20	17
2. Peso Tara (gr)		25.403	25.911	26.610
3. Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)		46.371	45.341	43.410
4. Peso Tara + Suelo Seco (gr)		42.207	40.952	37.800
5. Peso Agua (gr)	$(3)-(4)$	4.164	4.389	5.610
6. Peso Suelo seco (gr)	$(4)-(5)$	37.043	36.563	32.190
7. Contenido de Humedad (%)	$(5)/(6) \times 100$	11.24	12.00	17.43

B. LÍMITE PLÁSTICO

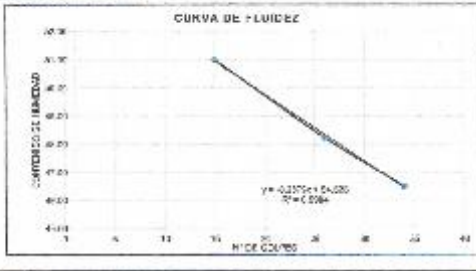
Procedimiento	Fórmula	Tem No		
		73	71	8
1. Peso Tara (gr)		32.752	32.752	22.109
2. Peso Tara + Suelo Líquido (gr)		25.157	25.771	24.260
3. Peso Tara + Suelo Plástico (gr)		24.252	24.252	24.250
4. Peso Agua (gr)	$(2)-(3)$	0.905	1.519	0.010
5. Peso Suelo Seco (gr)	$(3)-(4)$	23.347	22.732	24.240
6. Contenido de Humedad (%)	$(4)/(5) \times 100$	3.88	6.68	0.04

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2226)

Procedimiento	Fórmula	Tem No
1. Peso Tara (gr)		18
2. Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)		27.03
3. Peso Tara + Suelo Seco (gr)		23.45
4. Peso Agua (gr)	$(2)-(3)$	3.58
5. Peso Suelo Seco (gr)	$(3)-(4)$	19.87
6. Contenido de Humedad (%)	$(4)/(5) \times 100$	17.99

RESUMEN

Grasa (No.4 < Diam < 75)	4.18%
Grasa Gruesa (No.10 < Diam < 30)	2.14%
Grasa Fina (No.20 < Diam < 30)	1.57%
Arena No.200 < Diam < No.40	23.27%
Arena Gruesa (No.10 < Diam < No.4)	1.02%
Arena Vecia (No.40 < Diam < No.10)	4.54%
Arena Fina (No.100 < Diam < No.40)	11.23%
Finos (Diam < No.200)	76.55%
Tejido Líquido	16.41%
Lim. Plástico	26.22%
Índice Plástico	22.25%
Contenido de Humedad	25.58%
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-4(6)





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATENUAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERÚ – TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERÚ – SANTA ANCASH

**UBICACIÓN** : JIMBE - SANTA - ANCASH

**Fecha** : Julio - 2018

**Calicata** : C-04

**Muestra** : M-1

**Dosificación** 1.5 % De Cal

**ENSAYO DE COMPACTACION  
ASTM-D1557 / METODO "B"**

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	952.25	952.25	952.25	952.25	952.25
2	Peso del molde (gr)	4204.00	4204.00	4204.00	4204.00	4204.00
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	5929.00	6102.00	6115.00	6071.00	6009.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	1725.00	1898.00	1911.00	1867.00	1805.00
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.81	1.99	2.01	1.96	1.90

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

6	Peso de la tara (gr)	26.90	28.10	28.10	28.10	26.90
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	146.30	129.70	148.10	139.10	128.10
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	126.50	112.50	126.10	115.10	104.80
9	Peso del agua (gr)	17.80	17.20	22.00	24.00	24.30
10	Peso del suelo seco (gr)	101.60	84.40	98.00	87.00	77.90
11	Contenido de humedad (%)	17.52	20.38	22.45	27.59	31.19
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.541	1.656	1.639	1.537	1.445



Máxima Densidad Seca :	1.655 gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de Humedad :	20.50 %









UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

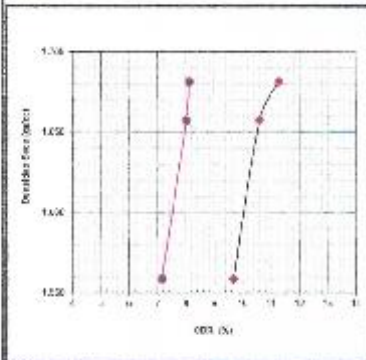
RELACIONES DE REPORTE DE CALIFICACION (C.B.R.)  
ASTM D-1557

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA MITIGAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DE MATERIAL DE SURBARRANTE DE LA  
CARRETERA SACRES DEL PERU - TARA, DISTRITO DE SACRES (DE PERU) - SANTA ANDRÉS

UBICACIÓN : IYBE - SANTA ANDRÉS  
FECHA : JULIO 2016

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : C-04  
MATERIAL : M-1  
DOSIFICACIÓN : 15 % De Cal  
CLASIF. (SUCS) : (U)  
CLASIF. (AABHTO) : (A-4) (E)



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557  
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.833  
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 21.002

C.B.R. Y DENSIDAD SECA

MOLDE Nº	NCIDE 0"	NO. DE 02	NO. DE 02	NO. DE 02
Penetración (")	0.1"	0.2"	0.1"	0.1"
C.B.R. (%)	5.99	7.16	10.88	8.11
Densidad Seca	0.92	1.02	1.73	1.82

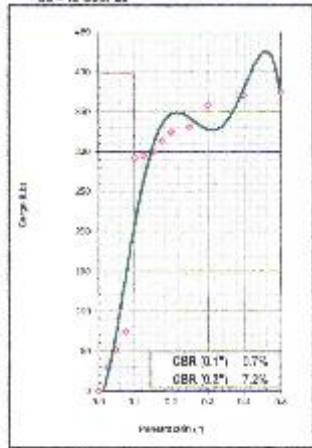
C.B.R. y MAXIMA DENSIDAD SECA

PARA 0.1"		PARA 0.2"	
C.B.R. (%)	Ds	C.B.R. (%)	Ds
5.99	1.02	7.16	1.02
10.88	1.73	8.11	1.73
11.27	1.81	8.12	1.83

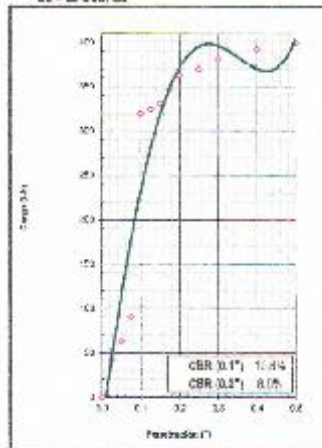
Ds Max	1.065	g/cm³	C.B.R. (0.1")	5.99
Ds (Aer (95%))	1.572	g/cm³	C.B.R. (0.2")	7.44

C.B.R. DE DISEÑO (1.5%) : 7.44%

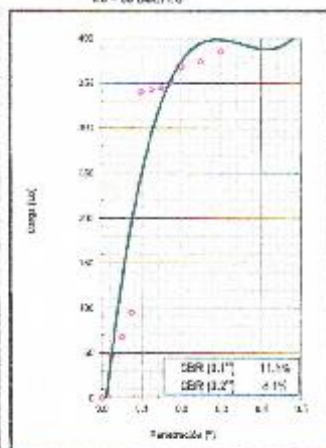
EC = 12 GOLPES



EC = 20 GOLPES



EC = 55 (GOLPES)





Proyecto : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TRAMPA DE PROYECTOS DE PLASTIFICACIÓN DEL MATERIAL DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CACRES DEL PERÚ - TRAMO DISTRITO DE CACRES DEL PERÚ - SANCA ANDESAY

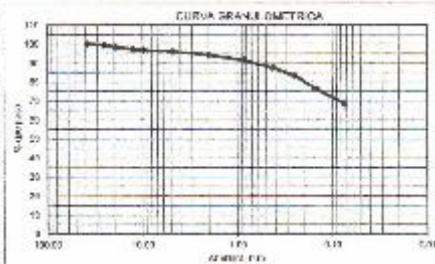
Ubicación : JMSB - SANCA - ANCASH  
Calle : 0-04

Muestra : 4

Fecha : JUNIO - 2018  
Densificación : 2.5 % de Ca

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Base, [gr]		1722.72	
Peso Lavado y Seco, [gr]		544.00	
Tamaño	Abertura [mm]	Peso Retenido [gr]	% Pasa
3"	76.200		
2"	50.800		
1.5"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	8.30	99.48
3/4"	19.050	17.22	98.46
1/2"	12.500	21.50	97.21
3/8"	9.525	9.20	95.63
Nº 4	4.750	11.20	94.83
Nº 10	2.000	30.20	94.28
Nº 20	0.840	50.30	93.34
Nº 40	0.425	57.10	93.46
Nº 60	0.250	66.20	93.46
Nº 100	0.150	124.72	92.26
Nº 200	0.075	124.72	88.46
< Nº 200		1162.10	



2. LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D2938)

A. LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		12	25	3
1. No de golpes		24	26	15
2. Peso Tara, [gr]		32.000	24.750	39.300
3. Peso Tara + Suelo Humedo, [gr]		31.500	41.380	42.600
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		34.000	46.250	37.650
5. Peso Agua, [gr]	$(3)-(4)$	4.750	5.130	5.100
6. Peso Suelo Seco, [gr]	$(2)-(4)$	18.500	18.250	12.000
7. Contenido de Humedad, [%]	$(5)/(6) \times 100$	25.62	28.12	42.50

B. LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		51	29	57
1. Peso Tara, [gr]		25.000	25.400	25.100
2. Peso Tara + Suelo Humedo, [gr]		35.300	35.700	35.700
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		35.200	35.250	32.300
4. Peso Agua, [gr]	$(2)-(3)$	2.100	2.450	2.300
5. Peso Suelo Seco, [gr]	$(1)-(3)$	1.200	1.250	1.200
6. Contenido de Humedad, [%]	$(4)/(5) \times 100$	17.50	19.60	19.17

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Fórmula	Tara No
1. Peso Tara, [gr]		25.00
2. Peso Tara + Suelo Humedo, [gr]		506.60
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		170.00
4. Peso Agua, [gr]	$(2)-(3)$	33.60
5. Peso Suelo Seco, [gr]	$(1)-(3)$	145.00
6. Contenido de Humedad, [%]	$(4)/(5) \times 100$	23.17

RESUMEN

Grava (No. 4 < Diam < 3")	4.00%
Grava Gruesa (3/4" < Diam < 2")	1.57%
Grava Fina (1/2" < Diam < 3/8")	2.46%
Arenas (No. 200 < Diam < No. 4)	27.54%
Arena Gruesa (No. 10 < Diam < No. 4)	1.19%
Arena Media (No. 40 < Diam < No. 10)	8.87%
Arena Fina (No. 200 < Diam < No. 40)	19.09%
Fines (Diam < No. 200)	68.46%
Límite Líquido	42.14%
Límite Plástico	30.96%
Índice Plástico	11.17%
Contenido de Humedad	24.33%
Clasificación SUCS	C
Clasificación AASHTO	A-4 (4)





**UNS**  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**RELACION DE RESULTADOS DE CAL FORM (E-4)**  
ASTM D-1585

PROYECTO: PLAN DE OBRAS PARA EL PLAN DE RECONSTRUCCIÓN Y REHABILITACION DEL PUEBLO DE LOS MONTES DE LA CARRERA CALLE 101 N° 1000 - TOWN CENTER DE AEROPUERTO DE SANTA ANA AEROPUERTO

UBICACION: SANTA ANA - AEROPUERTO  
FECHA: 2020-02-07

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALCULO: 1.043 CLASE: MUCOS  
MUESTRA: M-1 PROFUNDEIDAD: 1.20 m CLASE: ARENOSO

**COMPACTACION**

Muestra	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Gravidad aparente (g/cm³)	1570.24	1288.20	1273.23	1248.45	1487.39	1296.07
Gravidad real (g/cm³)	807.83	4575.51	8475.6	2115.13	603.07	307.03
Gravidad específica (g/cm³)	2415.81	4222.71	4224.8	4423.13	2130.07	1152.03
Gravidad aparente (g/cm³)	2119.23	2180.00	2144.9	2148.13	2130.07	2137.03
Gravidad real (g/cm³)	1.80	5.03	3.9	3.89	3.08	2.93
W (%)	17		3		3	
Gravidad aparente (g/cm³)	2180.20	4375.70	2160.2	4123.03	2114.7	4123.59
Gravidad real (g/cm³)	2171.16	2488.12	1180.2	2173.13	1141.2	2100.21
Gravidad específica (g/cm³)	2222	2108	2153	213	213	213
Gravidad aparente (g/cm³)	2121	2123.54	2123	2123	2123	2123
Gravidad real (g/cm³)	2123	2123	2123	2123	2123	2123
Gravidad aparente (g/cm³)	2123	2123	2123	2123	2123	2123
Gravidad real (g/cm³)	2123	2123	2123	2123	2123	2123
Gravidad aparente (g/cm³)	2123	2123	2123	2123	2123	2123
Gravidad real (g/cm³)	2123	2123	2123	2123	2123	2123

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	VAL	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
17/02/20	18:30	01 hca	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17/02/20	18:30	24 hca	103.000	103.000	1.00	107.000	107.000	3.00	118.000	118.000	2.00
17/02/20	18:30	48 hca	118.000	118.000	1.80	125.000	125.000	3.00	142.000	142.000	2.50
17/02/20	18:30	72 hca	215.000	215.000	1.71	125.000	125.000	3.00	141.000	141.000	2.50

**PERFORACION**

PENETRACION	CARGA STAND. (kg)	MUELEN #1			MUELEN #2			MUELEN #3		
		CARGA	CORRECCION	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CORRECCION
0.88		0.13	0.00		0.18	0.11		0.00	0.11	
3.25		1.60	6.78		25.13	8.41		41.13	15.75	
3.65		41.16	11.94		46.01	15.26		58.75	22.50	
3.75		85.86	21.79		88.25	22.00		114.10	31.00	
3.70	100	103.48	22.23	2.51	116.21	24.79	1.67	129.28	31.97	1.78
3.70		108.01	22.51		121.41	25.24		131.02	31.77	
3.70		117.25	24.22		124.22	26.21		137.00	31.00	
3.70		118.54	25.21		128.28	27.71		147.78	31.00	
3.80	100	121.25	26.64	2.01	130.01	28.72	1.17	152.01	31.00	1.41
3.80		142.45	31.21		142.01	31.21		152.01	31.00	
3.90		148.25	31.45		151.74	31.21		158.21	31.00	
3.90		148.21	31.45		158.01	31.00		158.01	31.00	
3.90		151.45	31.21		157.01	31.00		157.01	31.00	







UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
 ART. 10-118**

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATERRIZAJE EFECTIVO DE PLASIFICACIÓN DEL MATERIAL DE SUSTRATO DE LA  
 CARRETERA CAJONES DEL PERU - TOWN DISTRITO DE CAJONES DEL PERU - SANTA (INDIA)\*

USUARIOS : RIVE - SANTA - ANCAF  
 FECHA : 2020-2023

**DATOS DE LA MUESTRA**

CANTERA : 0-43 CLASE (BUSE) : OL  
 MATERIAL : M1 PROFUNDIDAD : 1.53 m CLASE (MAYITO) : 1437

METODO DE COMPACTADO :  
 MÁXIMA DENSIDAD SECA (e<sub>max</sub>)<sup>1</sup>  
 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (w<sub>o</sub>)

ASTM D1557  
 1.063  
 (E 557)

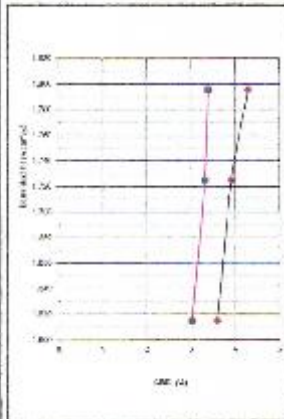
**C.B.R. Y DENSIDAD SECA**

MOLDE N°	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
	D1*	1.2*	3"	3.2"	6"	6.2"
Presión (kN)	3.39	3.11	2.62	2.31	4.78	3.00
Densidad seca	1.31	1.27	1.22	1.22	1.22	1.22

C.B.R. y MÁXIMA DENSIDAD SECA		
PARA D1*	PARA 1.2*	
C.B.R. (%)	D <sub>s</sub>	D <sub>s</sub>
3.39	1.31	1.27
3.39	1.27	1.22
4.39	1.30	1.22

D <sub>s</sub> Max	1.339	g/cm <sup>3</sup>	C.B.R. (D1*)	3.39
D <sub>s</sub> Min (80%)	1.212	g/cm <sup>3</sup>	C.B.R. (1.2*)	3.34

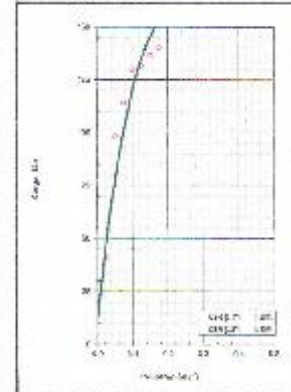
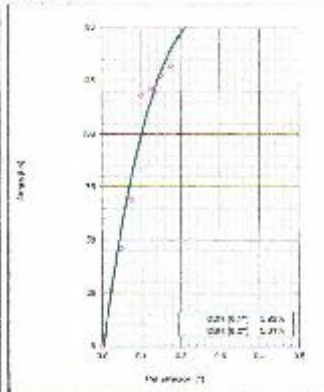
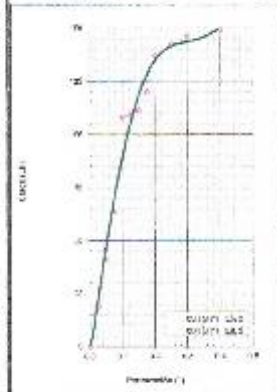
C.B.R. DE OBRERO (Banco normal) : 3.24%



CC = 12 GOLPES

CC = 35 GOLPES

CC = 58 GOLPES





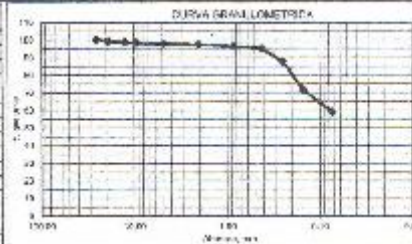
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Proyecto : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA ATRAVESAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUELO RESACANTE DE LA CARRETERA CACERES DEL PERU - TARA DISTRITO DE CACERES DEL PERU - SANTA ANTONIA  
Ubicación : JIMBE - SANTA - ANTONIA  
Calicata : C-01 Muestra : 7 Fecha : Julio - 2016  
Profundidad (m) : 1.50

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	1313.70
Peso Lixiviado y Seco, [gr]	350.10

Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Pasa
3"	76.200		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400	0.00	100.00
3/4"	18.800	7.70	99.43
1/2"	12.500	9.70	98.75
3/8"	9.525	5.70	98.33
#4	4.75	7.30	97.78
Nº 10	2.00	7.10	97.25
Nº 20	0.850	10.50	96.44
Nº 40	0.425	10.70	95.02
Nº 60	0.250	45.50	87.88
Nº 100	0.150	217.60	71.60
Nº 200	0.075	775.00	39.04
< Nº 200		793.30	



2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)

A. LIMITE LIQUIDO

Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		11	19	38
1. No de Golpes		34	25	15
2. Peso Tara, [gr]		21.590	22.250	21.050
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		38.300	32.500	41.250
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		31.450	28.440	35.050
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)	6.850	4.060	6.200
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)	9.870	6.390	12.000
7. Contenido de Humedad, [%]	100*(5)/6	61.17	63.41	58.43

B. LIMITE PLASTICO

Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		14	51	22
1. Peso Tara, [gr]		22.770	21.450	20.660
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		24.600	23.690	23.150
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		24.420	23.480	22.280
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	0.180	0.210	0.870
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	1.650	2.030	1.620
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)*100	23.030	24.610	28.866

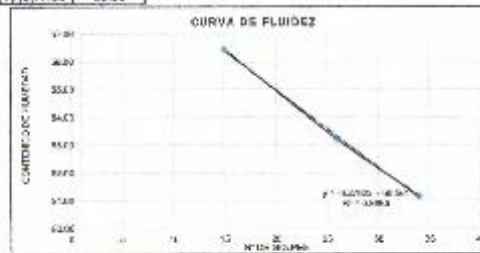
3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Fórmula	Tara No
		1
1. Peso Tara, [gr]		27.00
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		213.10
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		170.23
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	42.87
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	143.23
6. Contenido de Humedad, [%]	100*(4)/5	29.93

RESUMEN

Grava (No.4 < Diam < 3")	2.22%
Grava Fina (3/8" < Diam < 3")	0.57%
Grava Pura (3/8" < Diam < 3/4")	1.84%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	38.74%
Arena Gruesa (No.10 < Diam < No.4)	0.55%
Arena Media (No.40 < Diam < No.10)	2.23%
Arena Fina (No.200 < Diam < No.40)	35.05%
Finos (Diam < No.200)	58.04%
Límite Líquido	53.43%
Límite Plástico	25.47%
Índice de Plasticidad	27.96%
Contenido de Humedad	29.93%

Clasificación S.U.C.S : CL  
Distribución ARETIO : A-6(4)







**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

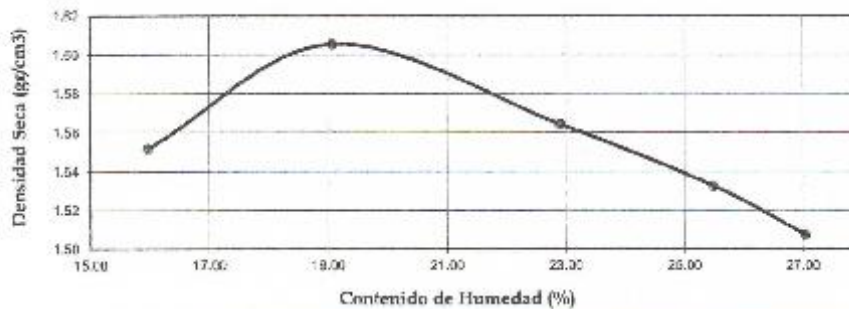
**ENSAYO DE COMPACTACION  
ASTM-D1557 / METODO "B"**

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2107.00	2107.00	2107.00	2107.00	2107.00
2	Peso del molde (gr)	4131.00	4131.00	4131.00	4131.00	4131.00
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	7922.00	8159.00	8182.00	8183.00	8166.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	3791.00	4028.00	4051.00	4052.00	4035.00
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.80	1.91	1.92	1.92	1.92

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

6	Peso de la tara (gr)	26.33	26.58	26.09	25.87	26.51
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	130.20	136.27	132.78	140.11	137.48
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	115.90	118.70	112.90	116.90	113.86
9	Peso del agua (gr)	14.30	17.57	19.88	23.21	23.63
10	Peso del suelo seco (gr)	89.57	92.12	86.61	91.03	87.35
11	Contenido de humedad (%)	15.97	19.07	22.90	25.50	27.05
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.56	1.61	1.56	1.53	1.51

**GRAFICO: DENSIDAD vs HUMEDAD**



Máxima Densidad Seca	:	1.620 gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de Humedad	:	20.05 %





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (S.R.C.)  
 ASIMÉTRICO**

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE BUELOS PARA EVITAR EFECTOS DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE SUELO PASANTE DE LA CARRETERA SACRES DEL PERÚ - TARA DISTRITO DE SACRES DEL PERÚ - SANTA ANTONIO

UBICACIÓN : TARA - SANTA ANTONIO  
 FECHA : 2010 - 2010

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALCATA : 041 CLASE (SUCS) : CL  
 MUESTRA : N° 1 PROFUNDIDAD : 1.20 m CLASE (MASH 10) : (A-5) (4)

**COMPACTACION**

	1		2		3	
	5	12	5	25	5	55
Unidad en la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12551.34	12558.51	17735.11	17880.13	12884.00	12555.00
Peso de molde (g)	8775.01	8775.53	8475.00	8475.00	8732.55	8333.50
Peso del suelo húmedo (g)	3776.34	3782.97	9260.11	9405.13	4151.45	4221.50
Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	2.3310	2.3013	2.1450	2.1410	2.3110	2.2013
Mostrillo (gramos/gm <sup>3</sup> )	1.63	1.65	4.28	4.39	1.79	1.92
Unidad (M <sup>3</sup> )	17	5	5	2	2	3
Peso suelto + molde + base (g)	22575	4322.71	27932	442100	21547	4405.51
Peso suelto + base + tam. (g)	20170	3788.72	13055	3715.15	1947	1331.51
Peso de agua (g)	4140	1.00	26.20	0.10	21.00	0.00
Peso de agua (g)	33.11	183.66	25.24	717.87	24.56	141.06
Peso de suelo seco (g)	176.59	3484.12	147.35	3751.10	106.17	3000.54
Contenido de humedad (%)	23.21	25.44	17.73	19.67	23.00	18.00
Densidad seca (gm <sup>3</sup> )	1.61	1.61	1.72	1.72	1.51	1.50

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
14/07/2010	13:00	10 - 45s.	1700	0.00	0.00	10100	1.00	0.00	2.000	0.20	0.00
15/07/2010	13:00	24 - 45s.	166.0000	166.000	3.46	157.000	157.000	3.32	110.0000	110.000	2.65
16/07/2010	13:00	45 - 45s.	179.0000	179.000	3.02	155.000	155.000	3.40	132.0000	132.000	2.07
17/07/2010	13:00	72 - 45s.	216.0000	216.000	4.71	165.000	165.000	3.47	141.0000	141.000	3.86

**PERMEACION**

PENETRACION Inchegras	CARGA STAND Lb/pegas	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA lb	CORRECCION		CARGA lb	CORRECCION		CARGA lb	CORRECCION	
			Inchegras	C.S.R (%)		Inchegras	C.S.R (%)		Inchegras	C.S.R (%)
1.000	1000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.025	1000	16.25	0.16		20.10	0.45		41.20	1.72	
1.050	1000	41.15	1.53		44.14	1.52		86.25	3.73	
1.075	1000	65.66	2.41		66.74	2.76		114.15	5.23	
1.100	1000	89.23	3.32	5.53	117.25	3.86	1.80	158.25	7.02	4.39
1.125	1000	112.51	4.13		157.96	4.00		177.53	7.63	
1.150	1000	135.79	4.94		197.52	4.50		196.58	8.25	
1.175	1000	159.54	5.75		157.99	4.70		161.17	6.69	
1.200	1000	182.22	6.57	5.03	192.25	4.80	2.50	163.88	7.07	3.81
1.225	1000	204.45	7.27		194.96	5.23		155.07	6.28	
1.250	1000	226.28	8.48		197.74	5.28		151.85	6.88	
1.275	1000	248.02	9.45		162.60	5.25		164.10	7.24	
1.300	1000	269.45	10.27		172.04	5.70		177.75	8.00	



## **ANEXO 02: PANEL FOTOGRAFICO**



## TRABAJOS REALIZADOS EN CAMPO



Fotografía 1. Ubicación de los puntos para la toma de muestra del suelo natural



Fotografía 2. Excavación para la toma de muestra del suelo de la calicata 01



Fotografía 3. Excavación para la toma de muestra del suelo de la calicata 02





Fotografía 4. Excavación para la toma de muestra del suelo de la calicata 03



Fotografía 5. Excavación para la toma de muestra de suelo de la calicata 04



Fotografía 6. Obtención de la muestra de suelo su estado natural



Fotografía 7. Tratamiento de la muestra para realizar la caracterización física y mecánica





Fotografía 8. Muestra extraída para el tratamiento físico y mecánica en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Nacional del Santa

### TRABAJOS DESARROLLADOS EN EL LABORATORIO



Fotografía 9. Desarrollo del análisis granulométrico de la muestra extraída mediante el juego de tamices (MTC 107)



Fotografía 10. Muestra representativa para el análisis de consistencia del tipo de suelo extraído



Fotografía 11. Determinación del contenido de humedad de la muestra a través de la introducción en el horno y su posterior pesado



Fotografía 12. Determinación del límite líquido y límite plástico del suelo extraído de la carretera en estudio





Fotografía 13. Equipos utilizados para desarrollar la caracterización mecánica del suelo extraído (Ensayo Proctor Modificado)



Fotografía 14. Realización de la mezcla del suelo natural con cenizas volátiles de cascarilla de arroz a 2.5% de adición.



Fotografía 15. Adición de agua para la humidificación de la mezcla de acuerdo a la necesidad de la mezcla

Fotografía 16. Ensayo de compactación para la mezcla en 3 capas de 25 golpes a través del pisón manual





Fotografía 17. Enrasado del molde con mezcla de suelo y cenizas volátiles de cascarilla de arroz para su posterior pesado

Fotografía 18. Pesado de la mezcla compactada de suelo y cenizas volátiles de cascarilla de arroz





Fotografía 19. Ubicación del molde con la mezcla de suelo y cenizas volátiles de cascarilla de arroz en el equipo



Fotografía 20. Relación de soporte de california de la mezcla realizada a través del suelo y cenizas volátiles de cascarilla de arroz





Fotografía 21. Pesado de las taras con la mezcla húmeda y su posterior puestas en el horno



Fotografía 22. Muestra obtenida luego del ensayo de compactación





Fotografía 23. Materiales utilizados para la mezcla de suelo natural y cal



Fotografía 24. Preparación de la mezcla para su respectiva compactación de las capas



Fotografía 25. Mezcla de suelo y dosificación de cal al 2.5%



Fotografía 26. Adición de cal al 2.5% de proporción con respecto al suelo natural



Fotografía 27. Pesaje de las taras con la muestra húmeda para su posterior introducción al horno



Fotografía 28. Extracción de la muestra seca luego del proceso de compactación



Fotografía 29. Ubicación del molde en la prensa para la obtención de la carga de la muestra seca



Fotografía 30. Relación de soporte de california para la mezcla de suelo natural y la dosificación de 2.5% de cal