



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Estabilización De Suelos Arcillosos Adicionando Ceniza De Caña De Azúcar En El Tramo De Pinar-Marian, Distrito De Independencia 2018”**

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

**AUTORES:**

ESPINOZA CHUQUINO, Alexis Euler

VELÁSQUEZ PÉREZ, Jhonatan Julián

**ASESOR:**

Mgr. MARIN CUBAS, Percy Lethelier

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL**

**HUARAZ-PERÚ**

**2018**

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don(a) **ESPINOZA CHUQUINO, ALEXIS EULER y VELASQUEZ PEREZ, JHONATAN JULIAN** cuyo título es: **ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR - MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA 2018**

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el/los estudiante(s), otorgándole(s) el calificativo de: **...7...** (número) **...DIECISIETE...** (letras).

Huaraz, Martes, 11 de Diciembre de 2018



.....  
 Mgr. **ERIKA MAGALY MOZO CASTAÑEDA**  
 PRESIDENTE



.....  
 Mgr. **PERCY LETHELIER MARIN CUBAS**  
 SECRETARIO



.....  
 Ing. **RAÚL NEIL RAMÍREZ RONDÁN**  
 VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	--	--------	-----------

## DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo a Dios padre todo poderoso, quién nos guio por el buen camino, brindándonos fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándonos a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad, ni desfallecer en el intentos, por cuidarnos siempre y guiarnos a lo largo de nuestras vidas, para tomar las decisiones correctas, levantarnos de los tropiezos y por darnos la oportunidad de llegar hasta esta etapa tan importante de nuestras vidas.

A nuestras familias en especial a nuestros padres por sus apoyos, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por la disponibilidad con los recursos necesarios para estudiar. Nos han dado todo lo que somos como persona, nuestros valores, principios, carácter, empeño, perseverancia y coraje para conseguir nuestros objetivos, haciendo que todo esto fuera más fácil y poder cumplir con nuestras metas que hace 5 años nos trazamos en el camino de la vida.

A nuestros hermanos por estar siempre presentes, acompañándonos para poder realizarnos.

A nuestros catedráticos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo-Huaraz, que con su aporte académico pudimos alimentarnos de más conocimientos y ser profesionales competitivos en este mundo tan globalizado.

Finalmente a nuestros compañeros que son un gran grupo humano y nos apoyamos mutuamente, compartiendo conocimientos y contribuyendo con la investigación.

Los Autores

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos primeramente a Dios, por darnos la sabiduría y llenarnos de fortaleza en todo momento.

Al patrón Señor de la Soledad, por guiarnos en nuestro camino y protegernos de toda adversidad, de igual manera agradecer a nuestros catedráticos, quien con mucha dedicación, paciencia y vocación nos transmitieron sus conocimientos para en el futuro ser un profesional de éxito.

A nuestros padres y hermanos por brindarnos su apoyo durante todo el camino recorrido, que con mucho esfuerzo y cariño han hecho de nosotros personas de bien; regalándonos la mejor herencia, el estudio.

Al Mgtr. Marin Cubas Percy Lethelier asesor temático de este trabajo de investigación, por su gran disponibilidad, paciencia, enseñanza y esmero para atender a todas nuestras consultas.

Al Dr. Fernando Vega Huincho asesor metodólogo del presente trabajo de investigación, por sus recomendaciones para que este proyecto se realice con éxito, así mismo por su gran dedicación, enseñanza y diligencia para resolver todas nuestras dudas.

Una especial gratitud a nuestros amigos y compañeros de clase de la Universidad Cesar Vallejo de la carrera de Ingeniería Civil, por aquellos buenos momentos que pasamos compartiendo conocimientos, experiencias, oportunidades de capacitación y desarrollo permanente; contribuyendo ampliamente en la innovación y fortalecimiento de conocimientos en nuestra formación profesional, finalmente a todas las personas que de alguna u otra manera formaron parte de esta investigación.

A todas las personas que nos ayudaron directa e indirectamente en el desarrollo y culminación de esta investigación.

Los Autores



## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **Espinoza Chuquino Alexis Euler** con DNI N° 74470460 y **Velásquez Pérez Jhonatan Julián** con DNI N° 70612995, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela académico de Ingeniería Civil, declaramos bajo juramento que:

- 1) Toda la documentación que acompañamos es veraz y auténtica.
- 2) La tesis es de nuestra autoría
- 3) Todos los datos, información y resultados que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.
- 4) Hemos respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
- 5) La tesis no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

En tal sentido, asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Huaraz, 11 de diciembre del 2018



---

Espinoza Chuquino Alexis Euler  
DNI N° 74470460



---

Velásquez Pérez Jhonatan Julián  
DNI N° 70612995

## PRESENTACIÓN

Distinguidos miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, presentamos ante ustedes la Tesis titulada **“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA 2018”**, con el objetivo de determinar la estabilización de los suelos arcillosos adicionando cenizas de caña de azúcar en el tramo de Pinar a Marian, distrito Independencia.

Este presente trabajo está conformado por VI capítulos dispuestos por el reglamento de la Universidad Cesar Vallejo. En el capítulo I se estructura con la introducción que contiene la realidad problemática, trabajos previos, teorías relacionada al tema, formulación del problema, justificación del estudio, hipótesis y objetivos; en el Capítulo II se encuentra la metodología de la investigación que contiene el diseño, tipo, nivel y alcance de la investigación, variables y operacionalización, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad, métodos de análisis de datos y aspectos éticos, en el Capítulo III se detallan los resultados, en el capítulo IV comprende la discusión, en el capítulo V se establecen las conclusiones, así mismo en el capítulo VI se mencionan las recomendaciones y por último se consideran las referencias y anexos, la misma que sometemos a vuestra consideración y esperamos que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

LOS AUTORES

## ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DEL JURADO .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
PRESENTACIÓN.....	vi
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xv</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>17</b>
<b>1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2. TRABAJOS PREVIOS.....</b>	<b>20</b>
<b>1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA .....</b>	<b>23</b>
1.3.1. <b>DEFINICIÓN DE SUELOS .....</b>	<b>23</b>
1.3.1.1. <b>MÉTODOS DE CLASIFICACION DE SUELOS .....</b>	<b>24</b>
1.3.2. <b>SUELOS ARCILLOSOS.....</b>	<b>25</b>
1.3.2.2. <b>PROPIEDADES DE LIMOS Y ARCILLAS .....</b>	<b>25</b>
1.3.3. <b>DEFINICIÓN DE CARRETERAS .....</b>	<b>26</b>
1.3.3.1. <b>CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS.....</b>	<b>27</b>
1.3.3.2. <b>CARRETERAS NO PAVIMENTADAS.....</b>	<b>28</b>
1.3.4. <b>PAVIMENTOS.....</b>	<b>28</b>
1.3.4.1. <b>COMPONENTES ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO.....</b>	<b>29</b>
1.3.5. <b>ESTUDIO DE TRÁFICO .....</b>	<b>33</b>
1.3.6. <b>ESTABILIZACIÓN .....</b>	<b>34</b>
1.3.6.1. <b>CRITERIOS GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS .</b>	<b>34</b>
1.3.6.2. <b>TIPOS DE ESTABILIZACIÓN.....</b>	<b>34</b>
1.3.6.3. <b>ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR..</b>	<b>36</b>
1.3.7. <b>LA PUZOLANIZACIÓN .....</b>	<b>36</b>
1.3.8. <b>CENIZAS .....</b>	<b>36</b>
1.3.8.1. <b>PROPIEDADES DE LA CENIZA VOLANTE .....</b>	<b>36</b>
1.3.9. <b>CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR.....</b>	<b>38</b>

1.3.9.1.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS CBCA .....	38
1.3.9.2.	PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL PERÚ .....	40
1.3.10.	ENSAYOS DE LABORATORIO .....	41
1.3.11.	COMPACTACIÓN .....	45
1.4.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	45
1.5.	JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....	46
1.6.	HIPÓTESIS .....	49
1.7.	OBJETIVOS.....	50
II.	MÉTODO.....	51
2.1.	MÉTODO DE INVESTIGACION .....	51
2.2.	ENFOQUE DE INVESTIGACION.....	51
2.3.	TIPO DE INVESTIGACION.....	51
2.4.	DISEÑO DE INVESTIGACION .....	52
2.5.	ALCANCE DE LA INVESTIGACION .....	53
2.6.	VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN .....	53
2.7.	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	56
2.8.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	59
2.9.	MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	61
2.10.	ASPECTOS ÉTICOS.....	61
III.	RESULTADOS.....	63
3.1.	TRAMIENTO DE LOS RESULTADOS .....	63
3.2.	RESULTADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS .....	67
3.2.1.	RESULTADOS RESPECTO AL OBJETIVO GENERAL .....	67
3.2.2.	RESULTADOS RESPECTO A LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	67
3.3.	RESULTADOS DESCRIPTIVOS.....	74
3.4.	RESUMEN FINAL DE LOS ENSAYOS REALIZADOS A CADA CALICATA .....	115
3.5.	CANTIDAD Y COSTO DE CENIZAS REQUERIDA POR ÁREA DEL SUELO .....	117
IV.	DISCUSIÓN.....	118
V.	CONCLUSIONES.....	122
VI.	RECOMENDACIONES.....	124
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	125
	ANEXOS .....	131

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Índice de Plasticidad de la Arcilla Norma ASTM.....	25
<b>Tabla 2.</b> Categorías de la Sub - Rasante según su CBR .....	30
<b>Tabla 3.</b> Número de calicatas para la exploración de suelos .....	31
<b>Tabla 4.</b> Número de ensayos de relación de soporte (CBR) según el tipo de carretera.....	32
<b>Tabla 5.</b> Composición química de las CCA (% peso). .....	39
<b>Tabla 6.</b> Producción de caña de azúcar en Perú .....	41
<b>Tabla 7.</b> Clasificación de suelos según tamaño de partículas.....	42
<b>Tabla 8.</b> Ubicación y localización de las muestras.....	58
<b>Tabla 9.</b> Resumen de los ensayos realizados del suelo con CCA.....	67
<b>Tabla 10.</b> Resumen de resultados del ensayo granulométrico.....	68
<b>Tabla 11.</b> Resumen de resultados del Contenido de Humedad .....	69
<b>Tabla 12.</b> Resumen de los resultados de Límite atterberg.....	70
<b>Tabla 13.</b> Clasificación de suelos de las muestras extraídas. ....	71
<b>Tabla 14.</b> Resumen de resultados del proctor modificado del suelo patrón .....	71
<b>Tabla 15.</b> Resumen de resultados del ensayo de CBR suelo patrón.....	72
<b>Tabla 16.</b> Resultado del ensayo de límite de atterberg con adición de CCA. ....	73
<b>Tabla 17.</b> Resumen de resultado del ensayo proctor modificado suelo – cenizas.....	73
<b>Tabla 18.</b> Resumen de resultados del ensayo CBR Suelo – Cenizas .....	74
<b>Tabla 19.</b> Contenido de humedad del suelo (C-01).....	75
<b>Tabla 20.</b> Contenido de humedad del suelo (C-02).....	76
<b>Tabla 21.</b> Contenido de humedad del suelo (C-03).....	76
<b>Tabla 22.</b> Granulometría del suelo (C-01).....	79
<b>Tabla 23.</b> Granulometría del suelo (C-02).....	80
<b>Tabla 24.</b> Granulometría del suelo (C-03).....	81
<b>Tabla 25.</b> Contenido de porcentaje por material. ....	82
<b>Tabla 26.</b> Límite líquido y plástico de la calicata (C-01) .....	84
<b>Tabla 27.</b> Resumen de resultados de límites de consistencia (C-01).....	84
<b>Tabla 28.</b> Límite líquido y plástico de la calicata (C-02) .....	85
<b>Tabla 29.</b> Resumen de resultados de límites de consistencia (C-02).....	85
<b>Tabla 30.</b> Límite líquido y plástico de la calicata (C-03) .....	86
<b>Tabla 31.</b> Resumen de resultados de límites de consistencia (C-03).....	86
<b>Tabla 32.</b> Límite líquido y plástico de la calicata (C-01) con 10% de cenizas.....	87
<b>Tabla 33.</b> Resumen de resultados de límites de consistencia con 10% de cenizas (C-01) .....	87
<b>Tabla 34.</b> Límite líquido y plástico de la calicata (C-01) con 20% de cenizas.....	88
<b>Tabla 35.</b> Resumen de resultados de límites de consistencia con 20% de cenizas (C-01) .....	88
<b>Tabla 36.</b> Límite líquido y plástico de la calicata (C-01) con 30% de cenizas.....	89
<b>Tabla 37.</b> Resumen de resultados de límites de consistencia con 30% de cenizas (C-01) .....	89
<b>Tabla 38.</b> Elección del Método de Compactación.....	92
<b>Tabla 39.</b> Proctor modificado del suelo natural (C-01).....	94
<b>Tabla 40.</b> Proctor modificado del suelo (C-01) con 10% de CCA.....	95
<b>Tabla 41.</b> Proctor modificado del suelo (C-01) con 20% de CCA.....	96
<b>Tabla 42.</b> Proctor modificado del suelo (C-01) con 30% de CCA.....	97

<b>Tabla 43.</b> Ensayo de relación de soporte (CBR) del suelo CL (C-01) .....	101
<b>Tabla 44.</b> Esfuerzo real y patrón del suelo natural CL (C-01) .....	102
<b>Tabla 45.</b> CBR a 95 y 100% de la M.D.S del suelo CL (C-01) .....	103
<b>Tabla 46.</b> Ensayo de Relación de Soporte (CBR) del suelo (C-01) con 10% de cenizas .....	104
<b>Tabla 47.</b> Esfuerzo real y patrón del suelo (C-01) con adición del 10% de cenizas.....	105
<b>Tabla 48.</b> CBR a 95 y 100% de la M.D.S del suelo (C-01) con 10% de CCA.....	106
<b>Tabla 49.</b> Ensayo de Relación de Soporte (CBR) del suelo (C-01) con 20% de cenizas.....	107
<b>Tabla 50.</b> Esfuerzo real y patrón del suelo (C-01) con adición del 20% de cenizas .....	108
<b>Tabla 51.</b> CBR a 95 y 100% de la M.D.S del suelo (C-01) con 20% de CCA.....	109
<b>Tabla 52.</b> Ensayo de Relación de Soporte (CBR) del suelo (C-01) con 30% de Cenizas .....	110
<b>Tabla 53.</b> Esfuerzo real y patrón del suelo (C-01) con adición del 30% de cenizas .....	111
<b>Tabla 54.</b> CBR a 95 y 100% de la M.D.S del suelo (C-01) con 30% de CCA.....	112
<b>Tabla 55.</b> Resumen de resultados de ensayos de la C-01 (M-01) .....	115
<b>Tabla 56.</b> Resumen de resultados de ensayos de la C-02 (M-01) natural .....	116
<b>Tabla 57.</b> Resumen de resultados de ensayos de la C-03 (M-01) natural .....	116
<b>Tabla 58.</b> Cantidad de ceniza por área para un suelo CL .....	117
<b>Tabla 59.</b> Costo estimado de estabilización del suelo CL con CCA para un espesor de 0.15 m .....	117
<b>Tabla 60.</b> Ficha técnica de CCA.....	133
<b>Tabla 61.</b> Cálculo del IMDS de la carretera Pinar – Marian .....	199
<b>Tabla 62.</b> Cálculo del IMDA de la Carretera PINAR - MARIAN .....	200

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Patrón de DRX de las CBCA sin reaccionar .....	39
Figura 2. Fotomicrografía de las CBCA .....	40
Figura 3. Vista del tramo de la carretera de Pinar-Marian .....	56
Figura 4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos .....	59
Figura 5. Flujo grama con la explicación del trabajo de investigación. ....	66
Figura 6. Análisis del contenido de humedad de las muestras analizadas. ....	77
Figura 7. Curva granulométrica del suelo (C-01).....	79
Figura 8. Curva granulométrica del suelo (C-02).....	80
Figura 9. Curva granulométrica del suelo (C-03).....	81
Figura 10. Clasificación de las muestras analizadas según material presente.....	82
Figura 11. Diagrama de fluidez de la calicata (C-01) .....	84
Figura 12. Diagrama de fluidez de la calicata (C-02) .....	85
Figura 13. Diagrama de fluidez de la calicata (C-03) .....	86
Figura 14. Diagrama de fluidez de la calicata (C-01) con 10% de cenizas.....	87
Figura 15. Diagrama de fluidez de la calicata (C-01) con 20% de cenizas.....	88
Figura 16. Diagrama de fluidez de la calicata (C-01) con 30% de cenizas.....	89
Figura 17. Límite de atterberg de las calicatas patrón.....	90
Figura 18. Límite de atterberg de la calicata (C-01) con adición de cenizas .....	91
Figura 19. Curva de compactación del suelo natural (C-01).....	94
Figura 20. Curva de compactación del suelo (C-01) con 10% de CCA.....	95

Figura 21. Curva de compactación del suelo (C-01) con 20% de CCA.....	96
Figura 22. Curva de compactación del suelo (C-01) con 30% de CCA.....	97
Figura 23. Resultados del proctor modificado de la calicata (C-01).....	98
Figura 24. Curva esfuerzo-penetración del suelo (C-01) .....	102
Figura 25. Densidad seca-CBR del suelo natural (C-01) .....	103
Figura 26. Curva esfuerzo-penetración del suelo (C-01) con 10% de CCA .....	105
Figura 27. Densidad seca-CBR del suelo (C-01) con 10% CCA .....	106
Figura 28. Curva esfuerzo-penetración del suelo (C-01) con 20% de CCA .....	108
Figura 29. Densidad seca- CBR del suelo (C-01) con 20% de CCA .....	109
Figura 30. Curva esfuerzo-penetración del suelo (C-01) con 30% de CCA .....	111
Figura 31. Densidad seca-CBR del suelo (C-01) con 30% de CCA .....	112
Figura 32. CBR calicata 1 .....	113
Figura 33. Estado actual del tramo de la carretera Pinar-Marian .....	144
Figura 34. Levantamiento topográfico de la carretera Pinar-Marian .....	144
Figura 35. Medicion de la longitud de la carretera.....	145
Figura 36. Excavacion de la calicata 01 .....	145
Figura 37. Excavación de las calicatas del lugar de estudio.....	145
Figura 38: Peso de la ceniza al 20% .....	146
Figura 39: Peso de la cenizas al 10% .....	146
Figura 40: Muestra suelo tamizado C-01 .....	146
Figura 41: Mezcla del suelo-cenizas para el ensayo de proctor modificado C-01 .....	146
Figura 42: Muestra para la determinación de límite líquido .....	147
Figura 43: Cuarteo de la muestra de la calicata C-02.....	147
Figura 44: Lavado de la muestra C-03 .....	147
Figura 45: Adición de agua al suelo para el proctor modificado del suelo natural C-01 .....	147
Figura 46: Proctor del suelo natural C-01 .....	148
Figura 47: CBR del suelo natural C-01 .....	148
Figura 48. CBR de C-01 patrón Lectura con el dial de dispersión sumergido.....	148
Figura 49. Límite Líquido del suelo C-01 .....	148
Figura 50. Conteo vehicular de la carretera Pinar-Marian .....	149
Figura 51. Muestras de las cenizas de caña de azúcar.....	149
Figura 52: Muestra del suelo sumergido .....	150
Figura 53: Mezcla del suelo con agua para el proctor modificado con adición de cenizas.....	150
Figura 54: Proctor Modificado con adición de cenizas C-01 .....	150
Figura 55: Ensayo de CBR del suelo natural C-01 .....	150
Figura 56: Sumergido de la muestra de suelo-cenizas .....	151
Figura 57: Muestra representativa para límite de consistencia .....	151
Figura 58. Muestras secadas al horno .....	151
Figura 59. Proceso de tamizado de las cenizas .....	151
Figura 60. Tamizado de las cenizas para obtener muestras finas.....	152
Figura 61. Ensayo de CBR del suelo con adición de cenizas de caña de azúcar .....	152

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	131
ANEXO 2: FICHA TÉCNICA DE LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR .....	133
ANEXO 3: INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCION DE DATOS .....	134
ANEXO 4: PANEL FOTOGRÁFICO .....	143
ANEXO 5: ENSAYOS DE LABORATORIO .....	153
ANEXO 6: ESTUDIO DE TRÁFICO .....	198
ANEXO 7: NORMAS TÉCNICAS .....	201
ANEXO 8: RECIBO DE TURNITIN .....	225
ANEXO 9: PLANOS .....	227

## LISTA DE ABREVIATURAS

CCA: Cenizas de Caña de Azúcar

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

CBCA: Cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar

CBR: California Bearing Ratio

MDS: Máxima Densidad Seca

AASHTO: Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes

MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

ASTM: Sociedad Americana de Pruebas y Ensayos

INEGI: Instituto Nacional de Estadística

RENAC: Registro Nacional de Carreteras

IMDA: Índice Medio Diario Anual

IMDS: Índice Medio Diario Semanal

UTM: Universal Transverse Mercator

O.C.H: Optimo contenido de humedad

CL: Suelo arcilloso con baja plasticidad



## RESUMEN

El presente proyecto experimental tiene como título **“Estabilización de suelos arcillosos adicionando ceniza de caña de azúcar en el tramo de Pinar-Marian, distrito de Independencia 2018”**, donde se citan las teorías concernientes al tema que primordialmente nos habla de la definición del suelo, suelo arcilloso y sus propiedades, métodos de clasificación del suelo, subrasante, compactación, definición, tipos y criterios geotécnicos de estabilización, definición, propiedades y composición química de las cenizas de caña de azúcar, definición de carreteras y su clasificación, pavimentos y sus carpetas estructurales, asimismo enmarcan las definiciones de los ensayos que se realizó en esta exploración como es el análisis granulométrico, contenido de humedad, límite de atterberg, proctor modificado y CBR. Cuyo objetivo fue determinar la estabilización de los suelos arcillosos adicionando cenizas de caña de azúcar en el tramo de Pinar-Marian, distrito de Independencia, 2018.

Este trabajo de investigación, abarca la estabilización química de la sub rasante mediante la adición de cenizas de caña de azúcar en el tramo de la carretera Pinar-Marian, por lo cual se procedió a realizar el estudio de topografía, estudios de suelos, estudio de tráfico e información bibliográfica.

La metodología científica de la investigación fue de enfoque cuantitativo, nivel aplicada, diseño experimental y un alcance de investigación correlacional. La población y la muestra estuvo conformada por los suelos arcillosos existentes en la carretera del tramo Pinar- Marian que se encuentra ubicada en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz con una extensión de 1.149 Km de longitud y 5 metros de ancho, con una área total de 5,745 m<sup>2</sup>.

Los instrumentos que se utilizó para recolectar los datos de manera directa y confiable fueron las fichas de las normas estandarizados de los siguientes ensayos: MTC E 107- 2000 (Granulometría) ASTM D 422, MTC E 108- 2000 (Contenido de humedad) ASTM D 2216, MTC E 110 – 2000/ MTC E 111 – 2000 (Límite líquido y Límite plástico e Índice de plasticidad) ASTM D 4318, MTC E 115 – 2000 (Proctor modificado) ASTM D 1557 y MTC E 132- 2000 (CBR) ASTM D 1883. Dichos ensayos se realizó en el laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto VH Laboratorio E.I.R.L, y en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Cesar Vallejo.

Concluyendo que luego de realizar los ensayos de límite de consistencia, proctor modificado y CBR con la combinación del suelo con las cenizas de caña de azúcar en porcentajes de 10,20 y 30%, se determinó la estabilización de este suelo para fines de pavimentación, obteniendo resultados favorables, en el que se logró mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, donde se testifica que el suelo consigue estabilizarse con la adición del 20% de CCA con referencia al peso de la muestra, logrando un CBR al 95% de 15.18%, una densidad seca de 1.859 gr/cm<sup>3</sup> con un óptimo contenido de humedad de 9.567% y reduciendo el índice de plasticidad de 16.11% a 9.73%, así mismo se logró disminuir el porcentaje de expansión del suelo de 1.47% a 0.24%.

**PALABRAS CLAVES:** Cenizas de caña de azúcar, Suelo Arcilloso Natural, Suelo Estabilizado, CBR, Proctor Modificado.

## ABSTRACT

This experimental project has as title "Stabilization of clay soils adding sugarcane ash in the section of Pinar-Marian, district of Independencia, 2018", where the theories concerning the subject that primarily speaks of the definition of the soil are quoted, clayey soil and its properties, soil classification methods, subgrade, compaction, definition, types and geotechnical criteria of stabilization, definition, properties and chemical composition of sugarcane ashes, definition of roads and their classification, pavements and their structural folders, also frame the definitions of the tests that were carried out in this exploration such as the granulometric analysis, moisture content, atterberg limit, modified proctor and CBR. Whose objective was to determine the stabilization of clay soils by adding sugarcane ashes in the Pinar-Marian section, district of Independencia, 2018.

This research work covers the chemical stabilization of the subgrade by the addition of sugarcane ashes in the section of the Pinar-Marian, therefore, the study of topography, soil studies, traffic study and bibliographic information was carried out.

The scientific methodology of the research was of focus quantitative, applied level, experimental design and a scope of correlational research. The population and the sample consisted of the clay soils existing in the of Pinar-Marian section road that is located in the district of Independencia, province of Huaraz-Ancash with a long of 1,149 km and 5 meters wide, with an area total of 5,745 m<sup>2</sup>.

The instruments that were used to collect the data in a direct and reliable way were the standardized standards sheets of the following tests: MTC E 107-2000 (Granulometry) ASTM D 422, MTC E 108-2000 (Moisture content) ASTM D 2216, MTC E 110 - 2000 / MTC E 111 - 2000 (Liquid Limit and Plastic Limit and Plasticity Index) ASTM D 4318, MTC E 115 - 2000 (Modified Proctor) ASTM D 1557 and MTC E 132-2000 (CBR) ASTM D 1883. Said tests were carried out in the Laboratory of Soils, Concrete and Asphalt VH laboratory E.I.R.L. and in the laboratory of the Faculty of Civil Engineering of the Cesar Vallejo University.

Concluding that after carrying out the tests of limit of consistency, modified proctor and CBR with the combination of the soil with the ashes of sugar cane in percentages of 10,20 and 30%,

the stabilization of this soil was determined for paving purposes, obtaining favorable results, in which it was possible to improve the physical and mechanical properties of the soil, where it is testified that the soil manages to stabilize with the addition of 20% CCA with reference to the weight of the sample, achieving a 95% CBR of 15.18 %, a dry density of 1,859 gr / cm<sup>3</sup> with an optimum moisture content of 9.567% and reducing the plasticity index from 16.11% to 9.73%, likewise it was possible to decrease the percentage of soil expansion from 1.47% to 0.24%.

**KEYWORDS:** Sugarcane Ash, Natural Clay Soil, Stabilized Soil, CBR, Proctor Modified

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA**

En los últimos tiempos se ha venido observando el valor que otorga el gobierno a la construcción de carreteras, ya que es un factor importante que permite el desarrollo de un país. No obstante, en la construcción de éstas, tanto en su forma pavimentada como afirmada, se han ido encontrando obstáculos; tal es el caso de los suelos arcillosos, debido a que no cumplen con los parámetros necesarios para soportar cargas vehiculares y por ende dicho suelo no pueden ser usado como capa de sub-rasante del pavimento o afirmado, ya que estos suelos tienen deficiencias que no cumplen con los parámetros estipuladas en la norma de Ministerio de Transportes y Comunicaciones ( Sección suelos y pavimentos) , en consecuencia es necesario buscar alternativas de solución para poder mejorar las propiedades del suelo y de esa manera utilizar el suelo como capa estructural cumpliendo con las características y parámetros de la sub- rasante especificadas en la norma antes mencionada.

A nivel internacional, este tipo de suelo se encuentran en muchos países de los cuales se puede mencionar a México donde el 14.2% de su territorio nacional está compuesto por este, de acuerdo a lo expresado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Así mismo, en la ciudad de Cúcuta (Colombia), se han identificado daños como asentamientos diferenciales y baches en diversas infraestructuras viales causadas por la baja capacidad portante que este suelo arcilloso posee (Quintero y Gallardo, 2015, p.85).

En Perú, de acuerdo a lo manifestado por Registro Nacional de Carreteras (RENAC), se cuenta con 19,689 kms de carreteras pavimentadas, sin embargo 4,611.2 kms aún no han sido asfaltadas, estas construcciones además de presentar un alto costo poseen fallas de asentamiento, bacheo longitudinal, transversal, profundo y superficial, huecos, deslizamiento de tierra e inestabilidad con desplazamiento causados por el tipo de suelo que se encuentra bajo las mismas.

Por su parte, en Ancash se cuenta con 490 kms de carreteras pavimentadas y 988.2 kms sin pavimentar, de acuerdo a las cifras aportadas por RENAC; además de ello, muchas de estas

vías presentan serios problemas como asentamientos diferenciales, hundimientos, hinchamiento, baches y huecos debido al tipo de suelo que se encuentra bajo ellas, adicionalmente, la baja capacidad portante con la que se cuenta hace intransitable las carreteras, afectando el confort de las personas que se trasladan en sus vehículos y ocasionando muchas veces accidentes vehiculares.

Específicamente, en la ciudad de Huaraz se localizan muchas zonas que están formadas por suelos de tipo “IV” con capacidades portantes de 0.5 a 1 kg/cm<sup>2</sup> los cuales poseen baja resistencia (Alva, Huamán y Bustamante, 2011, p. 24). Por esta razón, no pueden ser usados como carpetas estructurales en la construcción de pavimentos rígidos y flexibles. En este sentido, los pavimentos presentan inestabilidad y no tienen la capacidad de carga de suelo apta para resistir, ni el peso de las carpetas estructurales del pavimento y de las cargas transmitidas por los vehículos.

De acuerdo a la visita técnica que se realizó a la carretera de la localidad de Pinar a Marian del distrito de Independencia , se pudo observar que dicha área de influencia posee suelos arcillosos, por lo cual se han presentado problemas como: asentamientos diferenciales, hundimientos, baches, intransitabilidad de vehículos y peatones, incomodidad de los transportistas para acceder a la vía, pérdida de tiempo en el traslado por la carretera, accidentes de tránsito, llegada tardía a los centros de trabajos y congestión vehicular, lo cual no permite el servicio de un transporte fluido. Las causas que han generado el deterioro de la carretera en el lugar de estudio son: suelos arcillosos, baja compactación, diseño inadecuado, expansiones volumétricas, ausencia de mantenimiento, incremento de tránsito, lluvias permanentes, estancamiento de agua por la inexistencia de un drenaje superficial y el paso de transporte pesado; a la vez, para la construcción de la carretera no se contó con un previo estudio de mecánica de suelos que garantice las magnitudes de carga a soportar; estos estudios de suelos hubiesen sido de gran importancia para poder ser analizados e interpretadas los resultados arrojados por el laboratorio, en efecto determinar si el suelo necesitaba ser mejorado o no (Ver Anexo-Panel fotográfico Figura 33).

La carretera Pinar – Marian es de gran importancia, ya que es el medio de traslado de los pobladores de Marian y otras poblaciones aledañas, asimismo esta vía permite llegar a diferentes lugares turísticos existentes en la zona.

De no dar solución a este problema real de las localidades Pinar-Marian, podrían ocurrir ciertos percances como despistes automovilísticos, deterioro de la carretera con el pasar del tiempo, acceso inadecuado a la zona, accidentes vehiculares, caídas al mismo nivel de los peatones, daños en los vehículos, vía intransitable, molestia en los transeúntes y mal aspecto del lugar afectando al turismo local; en consecuencia podría ocurrir accidentes muy graves e incluso mortales.

Existen varias alternativas o técnicas para solucionar estos tipos de problemas, dentro de ello podemos mencionar la estabilización para poder mejorar la capacidad portante de los suelos arcillosos; ya que estos varían de tipo de niveles y de las cargas que soportan las carpetas estructurales del pavimento como son: estabilización física (compactación), mecánica (con material de préstamo), química (con cal, con cemento, con cenizas de carbón, con cáscaras de arroz y con yeso) y con geo sintéticos.

El presente trabajo de investigación se pretendió mejorar las propiedades del suelo en el tramo de estudio, mediante el empleo del **estabilizante químico cenizas de caña de azúcar** que fue aplicado al suelo de la sub - rasante de la carretera no pavimentada Pinar – Marian, con el fin de determinar la estabilización de este suelo adicionando cenizas de caña de azúcar, lo que permitirá mejorar el nivel de transitabilidad y mejoras en sus características físicas y mecánicas del suelo para que pueda ser utilizados como sub-rasante del pavimento o del afirmado, de esa manera, no se utilizarán materiales de préstamo y se evitará la explotación de canteras.

Este tipo de estabilización de suelos ofrece un costo más bajo a comparación de las demás alternativas y se tiene la gran ventaja de utilizar el mismo suelo del área donde se va a trabajar, utilizando algunos agentes químicos como son (Cal, Cemento, Cenizas, etc.) así mismo presenta una relación de costo-efectividad.

La presente investigación está delimitada entre las localidades de Pinar a Marian, distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash-Perú con una extensión de la carretera de 1.149 km de largo y 5 m de ancho, teniendo un área total de 5,745 m<sup>2</sup>. Dicha investigación pertenece a la línea de investigación de “Diseño de Infraestructura Vial” perteneciente a la carrera de Ingeniería Civil y se desarrolló entre los meses de Abril a Diciembre de 2018.

## 1.2. TRABAJOS PREVIOS

### 1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

(Cañar, 2017), en su tesis “**Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón**”, tuvo como objetivo general determinar los efectos de resistencia a la cisura entre los suelos arenosos finos y arcillosos, y la conducta mecánica de las estabilidades de los suelos arenosos finos y arcillosos con cenizas de carbón, con la intención de establecer excelentes circunstancias para su uso, donde llegó a la conclusión que la añadidura de las cenizas de carbón influyó adecuadamente en suelos expansivos como es el asunto de la arcilla, constituyendo la aglomeración compacta y extendiendo el nivel de compactación y por lo tanto perfeccionó su CBR y la resistencia al corte y los resultados de ensayos CBR en superficies arenosas finos exhibió una extensión del 4.6% al mezclarlos con el 25% de cenizas de carbón, optimizando el proporción de la firmeza que va desde el 15.0% hasta el 19,60%, mostrando que si se es viable utilizar como una sub-rasante.

(Morales,2015), en su trabajo de investigación titulada “**Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas**”, tuvo como objetivo principal evaluar el efecto de la técnica de curado en el actuación mecánico de composiciones de suelo sumadas con cenizas de carbón y activadas alcalinamente; con la necesidad de establecer las dominantes situaciones para su utilización en vías no asfaltadas, concluyó que la arena no alcanzó efectos favorables al ser mezclada con cenizas de carbón (CC) en ninguna situación, pero sí se consiguió mejores resultados al emplearse CColtejer y los excelentes resultados se proporcionaron cuando se usó una temperatura entre 40°C y 50°C en las dos situaciones de humedad donde llegó al orden de



350 kPa, existiendo un resultado muy próspero para una prueba UCS en un suelo arenoso, ya que las propiedades estuvieron favorecidas en 600%, lo que asevera la presencia de material cementante por resultado de la reacción hidróxido de sodio (3.5M) – ceniza.

#### 1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES

(Collantes, 2014), en su título de tesis **“Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada”**, tuvo como objetivo evaluar la conducta de la ceniza volante derivada de la combustión del carbón en una central termoeléctrica, para ser usada a modo de material estabilizador de los suelos arcillosos y su función como capa de subrasante de un pavimento. Concluyó que si fue factible su empleo como estabilizador de la arcilla y su uso en el perfección de la subrasante de carreteras. La ceniza volante mejoró las propiedades de resistencia y de la cohesión en las arcilla, las mejoras se sustentaron en los ensayos de laboratorio, que presentaron los siguientes resultados: Que en el ensayo CBR, la mezcla aumentó su resistencia en un 9% con la proporción de 20% de ceniza volante y 80% de arcilla. La mezcla de arcilla con ceniza volante, de acuerdo a los resultados del ensayo proctor modificado, presentó mayor grado de compactación que aquella sin ceniza volante. El valor del CBR al 100% de la MDS, aumentó considerablemente de 8.3% a 17.3% adicionándole la ceniza volante en la proporción de 20 %.

(Cuadra, 2017), en su proyecto de investigación **“Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante”**, el autor tuvo como objetivo general determinar si la ceniza de cáscara de arroz puede ser usada como material estabilizante de los suelos arcillosos empleándolos a nivel de subrasante de un pavimento. Concluyó que el suelo estabilizado con ceniza de cáscara de arroz obtuvo cambios favorables que hicieron viable usar el material a nivel de subrasante. Sin embargo, los cambios más significativos se produjeron cuando se combinó el suelo arcilloso con ceniza de cáscara de arroz y cal. Por lo tanto, la ceniza de cáscara de arroz tuvo mayores ventajas cuando fueron agentes estabilizadores secundarios y el valor CBR aumentó para las dos combinaciones planteadas, no obstante las combinaciones de suelo arcilloso, ceniza de cáscara de arroz y cal permitió obtener valores más altos de capacidad de soporte de resistencia, incrementando el valor de CBR al 100% de la máxima densidad seca del proctor modificado de 5% hasta

38.5%, es decir, aumentó 6 veces. Este aumento se logró con un contenido del 20% de ceniza de cáscara de arroz.

(López y Meléndez, 2017), en su tesis **“Influencia del porcentaje de ceniza de bagazo de caña activada alcalinamente sobre la tensión efectiva en suelos susceptibles a licuación”**, los autores se trazaron como objetivo general de determinar de qué manera influye la adición de ceniza de cáscara de caña impulsada alcalinamente sobre la tensión práctica en suelos arenosos limosos para reducir el peligro de licuación del suelo en la Urb. El Golf, llegaron a la conclusión que la proporción de ceniza de bagazo de caña impulsada alcalinamente, influyó de modo efectiva sobre la tensión efectiva del suelo reduciendo el peligro de licuación de suelos arenosos en la Urb. El Golf., con el uso del 15% de CBCA activada alcalinamente.

### 1.2.3. ANTECEDENTES LOCAL

(Carrasco,2017), en su tesis **“Estabilización de los suelos arcillosos adicionando cenizas de caña de azúcar en el tramo de Moro a Virahuanca en el distrito de Moro – provincia del Santa – 2017”**, tuvo como objetivo general evaluar la posibilidad de estabilizar los suelos arcillosos adicionando cenizas de caña de azúcar en el trayecto de moro a Virahuanca en el distrito de moro – provincia del santa – 2017, llegando concluir que si es posible estabilizar el suelo arcilloso adicionando cenizas de caña de azúcar, ya que a través de los estudios realizados con las muestras del suelo del trayecto de Moro a Virahuanca lograron incrementar sus propiedades de capacidad y resistencia de carga del suelo, donde se afirma que el suelo arcilloso consiguió estabilizarse con la añadidura al 35% de cenizas, en proporción al peso seco del ejemplar del suelo y el óptimo contenido de humedad, consiguiendo un CBR de 16.21%.

(Norabuena,2017), en su proyecto de investigación **“Resistencia de un suelo arcilloso sustituido al 6% por ceniza de bagazo de caña de azúcar en Huanroc-Macate”** tuvo como objetivo de determinar la resistencia de un suelo arcilloso suplantado al 6% por cenizas de bagazo de caña de azúcar, llegó a la conclusión que el reemplazo de cenizas de bagazo de caña de azúcar logró resistencias de 2.13 kg/cm<sup>2</sup> situando en una estabilidad de suelo muy firme destacando a la resistencia patrón 1.45 kg/cm<sup>2</sup>, manifestando que la sustitución puede

ser utilizada en obras de estabilización de suelos en el distrito Macate de la provincia del Santa.

(Vega,2017), en su trabajo de investigación “**Estabilización de suelos con adición de ceniza de paja de trigo al 10% carretera Macashca tramo Pariac Alto Provincia de Huaraz-2017**” tuvo como objetivo general examinar el mejoramiento del suelo de la carretera Macashca, tramo Pariac Alto, añadiendo un 10 % de cenizas de paja de trigo, este material se produce y se encuentra en el lugar de estudio, llegó a concluir que la primera calicata muestra un suelo arena-arcillosa, dicha muestra fue sometido al ensayo de proctor estándar con el método B, donde se obtuvo un CBR patrón al 100% de 21.10% y adicionando ceniza de paja de trigo al 10% se obtuvo un CBR al 100% de 20.2%; la segunda calicata presenta un suelo con mezcla de arena y limos, se trabajó con el proctor estándar método B, obteniéndose un CBR patrón al 100% de 27.20% y adicionando ceniza al 10% se obtuvo un CBR al 100% de 26.7%. La adición de 10% de ceniza de paja de trigo, no logra estabilizar la sub rasante del tramo Pariac Alto, por lo que se tiene que proponer mayores porcentajes.

### **1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA**

#### **1.3.1. DEFINICIÓN DE SUELOS**

Para Crespo (2004), El suelo es una capa delgada de la corteza terrestre, de material que proviene de la descomposición física-química de las piedras y de los desechos de las actividades de los seres vivientes que se asientan en él (p.18).

El suelo es estimulado como material no pavimento de partículas minerales y componente orgánico alterado (partículas sólidas) contiguo con el líquido y el gas, las cuales invaden las áreas vacías entre las partículas sólidas. Así mismo es utilizado como una material o agregado de construcción en varias obras de ingeniería civil para alojar los sistemas estructurales de fundaciones (Das, 2001, p.1).

El suelo es una mezcla de materia orgánica, minerales, bacterias, agua y aire. Asimismo es un material térmico no homogéneo y poroso, dichas propiedades se ven afectadas por los cambios de humedad y densidad. Los suelos se pueden clasificar en diversos grupos que

contienen propiedades similares como la dimensión de las partículas y la plasticidad, que evalúa cómo los afecta el agua (U.S Department Of The Interior Bureau Of Reclamation, 1998, p.23)

#### **1.3.1.1. MÉTODOS DE CLASIFICACION DE SUELOS**

Para Das (2013, p.78), los suelos con propiedades similares pueden ser clasificados en grupos y subgrupos en función de las características mecánicas y su comportamiento para la ingeniería. Los métodos que frecuentemente se utiliza para la clasificación de los suelos son: El sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS) y el Sistema de Clasificación AASHTO.

##### **➤ SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS**

Según Das (2013), la forma original de este sistema fue propuesta por Casagrande en 1942 para usarse en la construcción de aeropuertos emprendida por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército durante la Segunda Guerra Mundial. Hoy en día, este método es aun utilizado por los ingenieros; el método clasifica los suelos en dos amplias categorías: (p.82)

Suelos de grano grueso que son de naturaleza tipo grava y arenosa con menos del 50% pasando por la malla No. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo (G) o (S. G) significa grava o suelo gravoso y (S) significa arena o suelo arenoso (Das, 2013, p.82).

Para Das (2013), los suelos de grano fino con 50% o más pasando por la malla No. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo M, que significa limo inorgánico, C para arcilla inorgánica u O para limos y arcillas orgánicos. El símbolo Pt se usa para turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos (p.82).

“Otros símbolos también utilizados son: W bien graduado, P mal graduado, P mal graduado, L baja plasticidad ( $LL < 50$ ) y H alta plasticidad ( $LL > 50$ )” (Das, 2013, p.82)

## ➤ SISTEMA DE CLASIFICACION AASHTO

Fue desarrollado en 1929 como el Public Road Administration Classification System (Sistema de Clasificación de la Oficina de Caminos Públicos). De acuerdo a este sistema de clasificación, el suelo se clasifica en siete grupos mayores: A-1 al A-7, donde los suelos clasificados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares y el 35% o menos de las partículas pasan por la malla No. 200. Los suelos de los que más del 35% pasan por la malla No. 200 son clasificados en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. La mayoría están formados por materiales tipo limo y arcilla (Das, 2013, p.78).

### 1.3.2. SUELOS ARCILLOSOS

El suelo arcilloso se caracteriza por poseer partículas sólidas con un diámetro inferior a 0,005 mm, este suelo tiene la propiedad de convertirse en plástico cuando se mezcla con agua. Químicamente, es un silicato de alúmina hidratado, aunque en muchas ocasiones también contiene silicatos de hierro o magnesio hidratados (Crespo, 2004, p.22).

La arcilla posee una función principal, que es el de fluidificación de una cuantización que se puede hacer a simple vista, mirando hacia la reacción con la cuantía de agua y electrólito inmerso en arcilla, y contrastar los datos del comportamiento de otros materiales (Morales, 2005, p.113).

**Tabla 1.** *Índice de Plasticidad de la Arcilla Norma ASTM.*

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICA
IP>20	Suelos muy arcillosos
20>IP>10	Suelos arcillosos
10>IP>4	Suelos poco arcillosos
IP=0	Suelos exentos de arcilla

Fuente: elaboración propia

Fuente de Origen: Manual de Carreteras sección Suelos y Pavimentos.

#### 1.3.2.2. PROPIEDADES DE LIMOS Y ARCILLAS

Para Ruano (2012), Las características y propiedades de estos suelos que se alcanzan determinar observando las muestras de suelo y la realización de pruebas para evaluar su comportamiento (p. 39). Las características de estos tipos de suelos son los siguientes:

La “**Resistencia en estado seco** para saber su resistencia de un conjunto o masa de suelo, se toma un ejemplar seco del suelo y se golpea con un martillo” (Ruano, 2012, p. 39).

Para (Ruano, 2012, p. 39), “**La resistencia seca en la arcilla** es superior, mientras que en los suelos limosos la resistencia seca es baja”

La **Tenacidad**; calcula la plasticidad del suelo y se evalúa creando rollitos de 1/8 pulgadas o (3 milímetros). Si con los suelos húmedos los rollitos no se quiebran, ni se disgregan, significa que poseemos arcillas, si sucede lo contrario son suelos limosos (Ruano, 2012, p. 39).

Para Ruano (2012), La “**Sedimentación o dispersión**”; en la cual la tierra se fracciona triturándola para retirar los granos; se hace una detención en agua y en un depósito de vidrio se mezcla y homogeneiza para luego dejar reposar: la arena se deposita en segundos, el limo durante minutos y unas pocas horas, y la arcilla durante varias horas e incluso días, el agua está turbia (p. 39).

Para saber el **Brillo** de un suelo se procede a frotar el suelo húmedo en su superficie plana con una navaja. La superficie brillante indica que son arcillas y la superficie de color mate significa limos (Ruano, 2012, p. 39).

### **1.3.3. DEFINICIÓN DE CARRETERAS**

Según el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, la carretera es un camino para el tránsito de vehículos motorizados de por lo menos dos ejes, cuyas características geométricas son: pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de rodadura y demás elementos de la misma (p.10)

### 1.3.3.1. CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS

Para el Manual de carreteras MTC (2014), la clasificación de la red vial, se da de acuerdo a diferentes factores, funcionales, de demanda y geográficos, que permiten definir claramente la clase y jerarquización de una vía en el Perú, a fin de permitir el uso de características exactas acordes con la importancia de la carretera en estudio.

#### a) CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS POR SU FUNCIÓN.

- El “**Sistema nacional** está conformado por carreteras que unen las principales ciudades de la nación con puertos y fronteras, cuya autoridad está a cargo del MTC” (García, 2015, p.6)
- Para García (2015, p.6), el “**Sistema departamental** está formada por la red vial circunscrita principalmente a la zona de un departamento, cuya autoridad está a cargo de los consejos transitorios de administración regional”.
- Para García (2015), el “**Sistema vecinal o Rural** está conformado por carreteras de carácter local, cuya función es articular las capitales de provincia con capitales de distrito y centros poblados, cuya autoridad está a cargo de las municipalidades” (p.6).

#### b) CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS SEGÚN SU DEMANDA

- Para el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico MTC (2014, p.12), las **Autopistas de primera clase** son carreteras con un IMDA (Índice Medio Diario Anual) de 6000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo.
- Las **Autopista de segunda clase** son carreteras con un IMDA entre 4000 y 6000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo (Manual de Carreteras: Diseño Geométrico MTC, 2014, p.12).
- Para el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico MTC (2014, p.12), las “**carreteras de primera clase** son carreteras con un IMDA entre 2000 y 4000 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo”

- Las “**Carreteras de segunda clase** son carreteras con IMDA entre 400 y 2000 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo” (Manual de Carreteras: Diseño Geométrico MTC, 2014, p.12).
- Para el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico MTC (2014, p.13), las “**Carreteras de tercera clase** son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente”.
- Las **Trochas carrozables** son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, la superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar (Manual de Carreteras: Diseño Geométrico MTC, 2014, p.13).

#### **1.3.3.2. CARRETERAS NO PAVIMENTADAS**

Según el Manual de Carreteras no Pavimentadas MTC (2008), las carreteras no pavimentadas presentan una capa granular en su superficie de rodadura del afirmado, las cuales corresponden generalmente a carreteras de bajo volumen de circulación.

En el diseño de carreteras no pavimentadas el factor importante a tenerse en cuenta, es el control de polvo, debido a que estas carreteras emiten polvo por el desprendimiento de los agregados finos. La cantidad de polvo que se produce en una carretera no pavimentada es muy variable, depende de la zona (lluviosa o árida), del tráfico que soporta y la calidad del afirmado. Los tipos de control de polvo, pueden ser riegos con agua natural, riegos incluyendo cloruros o aditivos, aplicación de productos asfálticos, utilización de cal, cemento u otros productos químicos.

#### **1.3.4. PAVIMENTOS**

Es una estructura de diferentes capas construidas sobre la sub-rasante del suelo destinado a resistir y distribuir los esfuerzos originados por el tránsito vehicular.



### **1.3.4.1. COMPONENTES ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO**

Para MONTEJO (2002), el pavimento es una estructura que está constituido por un conjunto de capas sobrepuestas horizontalmente, que se diseñan y se componen técnicamente con materiales apropiados y compactados (p.2).

Por lo general está formado por la carpeta de rodadura, base y sub - base apoyada todo este conjunto sobre la sub-rasante, la función de cada una de estas capas es de vital importancia ya que:

- Distribuyen las tenciones derivadas de la parte superior reduciéndolas hasta valores aceptables para las capas inferiores.
- Deben ser adecuadamente resistentes por sí mismas para resistir, sin deformarse, las cargas alas cuales están sujetas.

Para las carreteras convencionales la estructura del pavimento estará compuesto por tres capas denominadas sub – rasante, sub – base y base, sin embargo, en caminos de bajo tránsito el pavimento, donde económicamente no es factible cimentar un pavimento convencional, se compone con una o distintas capas destacadas como capas granulares.

A continuación, detallaremos cada una de las capas estructurales en ambos casos:

#### **1.3.4.1.1. SUB-RASANTE**

Para MTC (2014, p.20), La subrasante es una estructura del pavimento directo debajo del asiento y la parte del prisma de la carretera se construye entre el terreno natural explanada o asfaltado y la estructura del pavimento. La subrasante es la capa superior del talud o fondo de la excavación de suelo natural, el apoyo a la estructura de pavimento, y compone de propiedades suelos seleccionados admisibles y compactadas en diferentes capas para formar un cuerpo firme en la etapa óptimo, con la finalidad de no ser dañada o alterada por la carga de diseño que es proveniente del tránsito.

Según el Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos MTC (2014, p.40), Se consideran como materiales aptos para las capas de la sub rasante suelos con  $CBR \geq 6\%$  y su expansión máxima de 5%. En caso de ser menor el CBR (sub rasante pobre o sub rasante inadecuada), se procederá a la estabilización de suelos, para la cual se analizarán alternativas de solución, de acuerdo a la naturaleza del suelo, como la estabilización

mecánica, el reemplazo del suelo de pavimentación, estabilización química de suelos, estabilización con geo sintéticos, elevación de la sub rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose la más conveniente técnica y económica.

A continuación se identifican seis categorías de la sub – rasante tal como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2.** *Categorías de la Sub - Rasante según su CBR*

<b>Categorías de Sub-Rasante</b>	<b>CBR</b>
S0: Sub-Rasante inadecuada	CBR < 3%
S1: Sub-Rasante insuficiente	CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S2: Sub-Rasante regular	CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S3: Sub-Rasante buena	CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S4: Sub-Rasante muy buena	CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S5: Sub-Rasante excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: elaboración propia

Fuente de Origen: Manual de carreteras Suelos, Geología y Pavimentos, Sección suelos y pavimentos del MTC, 2014.

#### ➤ **CARACTERIZACIÓN DE LA SUB – RASANTE**

Según el Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos MTC (2014, p.26), para determinar las características físico - mecánicas del suelo de la Sub - Rasante se llevaran a cabo exploraciones mediante la realización de calicatas de 1.5 m de profundidad, el número mínimo de calicatas por kilómetro dependerá del tipo de carretera. Tal como se muestra en la Tabla 3. Además Las calicatas se ubicaran longitudinalmente y en forma alternada, dentro de la carretera a distancias aproximadamente iguales.

**Tabla 3.** Número de calicatas para la exploración de suelos

TIPO DE CARRETERA	PROFUNDIDAD (m)	NÚMERO MÍNIMO DE CALICATAS
Autopista: Carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- Calzada de 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido
		- Calzada de 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido
		- Calzada de 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido
Carreteras duales: Carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- Calzada de 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido
		- Calzada de 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido
		- Calzada de 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido
Carreteras de 1° Clase: Carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- 4 calicatas x km
Carreteras de segunda clase: Carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- 3 calicatas x km
Carreteras de 3° clase: Carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/ día, de una calzada de dos carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- 2 calicatas x km
Carreteras de bajo transito: Carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- 1 calicatas x km

Fuente: elaboración propia

Fuente de origen: Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos.

### ➤ REGISTRO DE EXCAVACIONES

Según el Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos MTC (2014, p.27), De los estratos encontrados en cada una de las calicatas se obtendrán muestras

representativas. Las que deberán ser descritas en una ficha donde se colocará la ubicación de la calicata, el espesor, sus características de gradación, el estado de compactación, el número de muestra y la profundidad, y posteriormente serán colocadas en bolsas para su traslado al laboratorio de suelos, además se extraerán muestras representativas de la sub - rasante para realizar ensayos de CBR. La cantidad de estos ensayos dependerá del tipo de carretera tal como se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Número de ensayos de relación de soporte (CBR) según el tipo de carretera

TIPO DE CARRETERA	N° CBR
Autopista: Carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	Calzada de 2 carriles por sentido: 1 CBR x km x sentido
	Calzada de 3 carriles por sentido: 1 CBR x km x sentido
	Calzada de 4 carriles por sentido: 1 CBR x km x sentido
Carreteras duales: Carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	Calzada de 2 carriles por sentido: 1 CBR x km x sentido
	Calzada de 3 carriles por sentido: 1 CBR x km x sentido
	Calzada de 4 carriles por sentido: 1 CBR x km x sentido
Carreteras de 1° Clase: Carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles	-Cada 1 km se realizará un CBR
Carreteras de segunda clase: Carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles	Cada 1.5 km se realizará un CBR
Carreteras de 3° clase: Carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/ día, de una calzada de dos carriles	Cada 2 km se realizará un CBR
Carreteras de bajo transito: Carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada	Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: elaboración propia

Fuente de origen: Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos.

#### **1.3.4.1.2. SUB-BASE**

Según el Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos MTC (2014, p.113), la Sub – base está constituido por un material de soporte ( $CBR \geq 40\%$ ) superior a la del suelo de Sub – Rasante y se utiliza para permitir la reducción del espesor de la capa base. Tiene la finalidad de transmitir la carga ejercida por el tráfico de manera uniforme ala sub - rasante. Además sirve de drenaje del pavimento para evitar la infiltración del agua, protegiendo así al pavimento de los hinchamientos que se pueden producir.

#### **1.3.4.1.3. BASE**

Según el Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos MTC (2014, p.114), la base cumple una función estructural. Y tiene como objetivo primordial absorber la carga transmitida por el tránsito vehicular, y repartir estos esfuerzos a la sub – base y por medio de esta al terreno de fundación. Además esta capa será de material granular con una capacidad de soporte ( $CBR \geq 80\%$ ) o será tratada con asfalto, cal o cemento.

#### **1.3.4.1.4. CAPA GRANULAR**

Según el Manual de Carreteras no Pavimentadas MTC (2008), el uso de la capa granular que conformara la estructura del pavimento, será cuando esta carretera no estará sometido a un tránsito elevado, Teniendo en cuenta además que será la responsable de absorber y distribuir adecuadamente al terreno las tensiones generadas por el tráfico, de manera que no se produzcan deformaciones excesivas. Esta capa puede ser formada con materiales propio o material de préstamo, y en caso no cumpla con las requerimientos previstas por la carretera se recurre al empleo de alguna técnica de estabilización.

### **1.3.5. ESTUDIO DE TRÁFICO**

Para (Sarmiento y Arias, 2015, p. 38), el estudio de tráfico es uno de los aspectos más significativos para proceder a efectuar un diseño de pavimento, el más determinante es fijar la cantidad y los tipos de vehículos que transitan por un lugar específico, clasificándolos tal como se indica en los reglamentos nacionales. Esto nos permitirá realizar una estimación de la tasa de crecimiento de los vehículos para poder hacer una proyección a futuro necesario para poder diseñar las estructura del pavimento.

### **1.3.6. ESTABILIZACIÓN**

La estabilización es el proceso físico o químico por el que se perfeccionan las características físicas- mecánicas del suelo natural en corte o de los materiales de préstamo en relleno, con la intención de hacerlos estables (Norma CE.010, 2010, p.41).

Es un proceso para cambiar las propiedades de ingeniería del suelo in situ o hecho a un costo menor y con una excelente inspección de calidad. Los procesos de mejoramiento del suelo se especifican en dos clases primordiales: estabilización química y mecánica (Das, 2013, p.266).

La estabilización del suelo se especifica como la mejora de las características físicas del suelo mediante procesos mecánicos y la agregación de productos químicos, naturales o sintéticos. Estas estabilizaciones generalmente se llevan a cabo en los suelos de subrasante con capacidad portante muy baja o pobre, en este caso se los conoce como estabilización al suelo cemento, suelo cal, suelo asfáltico y otros productos diversos (MTC, 2014, p.92).

#### **1.3.6.1. CRITERIOS GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS**

Según el Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos MTC (2014), la estabilización se realiza cuando la sub – rasante muestra un  $CBR \leq 6\%$  por lo que se denomina sub-rasante inadecuada, o cuando se posee presencia de suelos con humedades elevadas o suelos de rellenos no controlados. Se realizará un estudio muy profundo para el mejoramiento de este suelo, ya sea por medio de una estabilización mecánica, sustitución del suelo de cimentación o estabilización con algún producto químico (p.93).

Para establecer un tipo de estabilización de suelos, la zona en estudio deberá presentar suelos como son: los limos, las arcillas, o las arenas limosas o arcillosas (Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos MTC, 2014, p.94).

#### **1.3.6.2. TIPOS DE ESTABILIZACIÓN**

Habiendo indicado los criterios geotécnicos para la estabilización de suelos a tener en cuenta para mejorar los suelos, vamos a clasificar los diferentes tipos de estabilización.

#### **1.3.6.2.1. ESTABILIZACIÓN QUÍMICA**

La estabilización química involucra el uso de aditivos químicos como (Cal, Cemento Portland, Productos asfálticos, Escoria de fundición, Cloruro de sodio-Sal, Cloruro de calcio, Polímeros, Hule de neumáticos y Cenizas volantes) para poder perfeccionar la conducta de los suelos. Se manipula con fines de optimizar la manejabilidad del suelo, creando que el material sea más fácil de usar como material de construcción. Además se emplea para reducir la plasticidad y la expansión-contracción. Si las arcillas son dispersoras, se utiliza para flocular las partículas (Das, 2013, p.266).

#### **1.3.6.2.2. ESTABILIZACIÓN MECÁNICA**

La estabilización mecánica involucra métodos que optimizan las propiedades de ingeniería de los suelos sin la adición de agentes u otras energías de unión de partículas. En general, no hay efectos químicos o de unión incluidos en esta metodología (Das, 2013, p.266).

Para MTC (2014), Con la estabilización mecánica se intenta mejorar el suelo, sin alterar la estructura y su composición fundamental. Como herramienta para alcanzar este tipo de estabilización, se utiliza la compactación, con la que reduce el volumen de vacíos en el suelo (p.98).

#### **1.3.6.2.3. ESTABILIZACIÓN FÍSICA**

Para Gonzáles (2014, p.42), La estabilización física es utilizado para generar mejora en el suelo produciendo cambios físicos en él. Entre los que se pueden encontrar son los siguientes:

La **Mezcla de suelos**: “Es agregar un tipo de suelo que cumpla con las características necesarias para la mejora del mismo. Por lo general va acompañado por la compactación” (Gonzáles, 2014, p.42).

Para Gonzáles (2014, p.42). Los **Geotextiles**: “Son telas permeables no degradables que pueden emplearse como filtro y como control de la erosión de suelo y transporte de lodos”

La **Consolidación**: Es el proceso mediante el cual el suelo es sometido a cargas sobre un determinado tiempo, ocasionando que se drene el agua que posee dicha masa de suelo, que disminuya su volumen, que haya un mayor contacto entre sus granos y así pueda soportar la carga externa a la que será sometido. En este método disminuyen de tamaño los granos de suelo y generan un desgaste entre ellos (González, 2014, p.42).

### **1.3.6.3. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR**

La ceniza volante tradicional se caracteriza por su bajo contenido de cal y un alto contenido de sílice, por lo que su uso como estabilizador de suelo requiere la adición de un agente activador rico en cal. El agente activador proporciona la cal necesaria para la reacción puzolánica, mientras que la ceniza suministra los compuestos puzolánicos, sílice y alúmina (Misra, 2000). Es así que las mezclas de cenizas volantes se pueden utilizar para estabilizar suelos gruesos o finos y no arcillosos. Normalmente, cal o cemento se utiliza como agente activador de cenizas volantes.

### **1.3.7. LA PUZOLANIZACIÓN**

Es la fase donde la ceniza de un residuo orgánico generará un silicato químico denominado silicato de calcio obtenida bajo una solicitud de carga que se somete a una temperatura que varía de 700 a 800 grados centígrados, en un tiempo de 2 horas para obtener un grado de combustión de manera óptima silicato de calcio (Carrasco, 2017, p.19).

### **1.3.8. CENIZAS**

La ceniza volante es un subproducto del proceso de combustión de carbón pulverizado generalmente asociado a las centrales generadoras de fluido eléctrico. Es un polvo de grano fino, compuesto principalmente de silicio, aluminio y varios óxidos y átcals; es de naturaleza puzolánica (Pérez, 2014, p.33).

#### **1.3.8.1. PROPIEDADES DE LA CENIZA VOLANTE**

Para González (2014, p.38), “La ceniza volante es conocida como una puzolana artificial, entre sus Propiedades más significativas se localizan las siguientes”:



La “**Propiedad puzolánica** está indicada por la forma y la rapidez con que el sílice que contiene la ceniza volante se combina con el hidróxido de calcio liberado por la hidratación del cemento portland. La ceniza volante tiene una velocidad de reacción menor que la mayoría de las puzolanas naturales” (González, 2014, p.39).

Para González (2014, p.39), La **Pérdida por ignición** de la ceniza volante con un alto valor de pérdida por ignición (carbón no quemado) da como resultado una decoloración de la superficie del acabado, por causa de las partículas de carbón que ascienden a la superficie. La eficiencia de la ceniza volante como puzolana se reduce a causa de la disminución de óxidos principales, tales como: óxido de sílice, de aluminio o de hierro, lo que puede ocasionar un fraguado más lento.

La **Granulometría**, la variable más significativa de la ceniza volante es la distribución del tamaño de las partículas. Mientras la ceniza se encuentra en la corriente del gas saliente del horno, la granulometría es constante, pero es afectada por la eficiencia de los molinos de carbón, por el origen del carbón y por la operación del horno. De una fuente a otra la granulometría de la ceniza varía considerablemente, a consecuencia de los métodos de precipitación, que pueden tener de 3 a 5 etapas y en cada una de ellas se elimina una fracción más fina de ceniza (González, 2014, p.39).

El **Color** de las cenizas es gris ya que es resultado de la combustión bajo condiciones reducidas de oxígeno. El color de la ceniza puede tender al gris o negro, dependiendo de la fuente.

Para González (2014), La “**Fineza** para controlar el grado de fineza en la ceniza, se ha aportado la prueba de material retenido en la malla de 45 micras, mientras mayor sea la cantidad de ceniza volante que pase por dicha malla, mayor será su efecto sobre la resistencia” (p.40).

La **Forma de la partícula** de la ceniza volante están conformadas por un polvo granulado con características únicas, esto se debe a la mayoría de las mismas por ser de forma esférica.

En la fracción más gruesa se encuentra en un rango de 300 a 45 micras, la mayoría de las partículas son negras y porosas. La pérdida por ignición de este material grueso y arenoso es de 3 a 10 veces mayor que la fracción que pasa la malla de 45 micras, lo que indica presencia de carbón quemado parcialmente (González, 2014, p.40).

Para González (2014, p.40), La “**Densidad** en la ceniza volante es una propiedad con un nivel de variación alto que depende directamente de la distribución del tamaño de las partículas o la pérdida por ignición”.

La **Composición química y mineralógica** Según la Norma ASTM C-618 exige un mínimo de 70 por ciento de óxidos principales, tales como: los de sílice, hierro, aluminio y un máximo de 5 por ciento de sulfatos. Existen otros requerimientos químicos opcionales de magnesio y álcalis disponibles (óxido de sodio).

Mineralógicamente las cenizas volantes están compuestas por una gran fase de vidrio consistente en aproximadamente un 80% de las cenizas y una fase cristalina consistente, principalmente de mullita, cuarzo, magnetita y yeso (González, 2014, p.41).

### **1.3.9. CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR**

La CBCA se define como un subproducto de los desechos de la fabricación del azúcar. Se usa como combustible para calentar las calderas de las fábricas para obtener el azúcar. Su propiedad como cementante permite ser usado como un material pozoalánica, que mejora las propiedades de los productos con los que se reemplaza o combina. Además, hay que conocer que la fibra de la caña de azúcar representa entre un 40-50% de su volumen de toda la planta, 25 kg de ceniza son generados por cada tonelada de bagazo quemado (Hernández, 2011, p.23).

#### **1.3.9.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS CBCA**

La composición química de las cenizas de caña de azúcar (CCA) se determinó mediante fluorescencia de rayos X y se muestra en la Tabla 5. En la Figura 1, el patrón de difracción de la CCA obtenido difracción de rayos X, se realizó una reflexión definida de aproximadamente 30 ° C de la fase cristalina y reflexiones con menor intensidad

correspondiente a la fase cristalina que se produjo como resultado de altas temperaturas de calcinación por encima de 800 ° C (Cordeiro et al., 2009, p.23), en donde el halo está ubicado entre 15 ° y 38 ° en el patrón de difracción que indica la presencia de material vítreo en las cenizas estudiadas; Otros escritores han localizado el halo entre 15 y 30 ° C (Morales et al.,2009,p.22-28; Cordeiro et al., 2009,p. 110-115).

**Tabla 5.** Composición química de las CCA (% peso).

Elemento	Óxido	CBCA
Óxido de circonio	ZrO <sub>2</sub>	0.006
Cloruro	Cl	0.017
Óxido de estroncio	SrO	0.031
Óxido de manganeso	MnO	0.095
Óxido de Titanio	TiO <sub>2</sub>	0.395
Trióxido de Azufre	SO <sub>3</sub>	0.399
Óxido de sodio	Na <sub>2</sub> O	0.509
Óxido de fósforo	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.15
Óxido de magnesio	MgO	1.59
Óxido de calcio	CaO	3.556
Óxido de potasio	K <sub>2</sub> O	4.145
Óxido de hierro	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.921
Óxido de aluminio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.726
Pérdidas por ignición	PPI	14.13
Óxido de silicio	SiO <sub>2</sub>	62.33

Fuente: elaboración propia

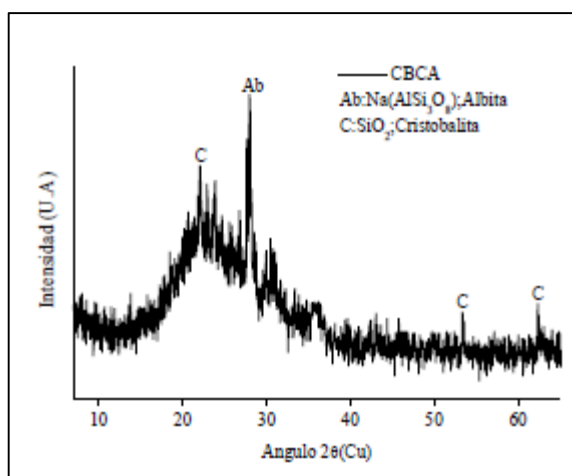


Figura 1. Patrón de DRX de las CBCA sin reaccionar

En la Figura. 2 se presenta la fotomicrografía de las cenizas de caña de azúcar sin reaccionar alcanzada por microscopía electrónica de barrido donde su morfología irregular fue apreciable con partículas en forma de bastones, esferas, semiesferas y también su estructura porosa (Torrez et al, 2014, p.3)

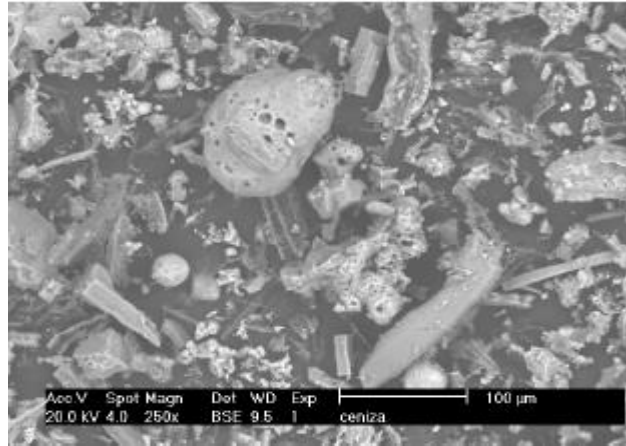


Figura 2. Fotomicrografía de las CBCA

### **1.3.9.2. PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL PERÚ**

El Perú ha sido productor de caña de azúcar desde el siglo XVI cuando se introdujo con la llegada de España; más tarde se convirtió en un importante productor mundial. Sin embargo, la industria azucarera enfrentó una crisis sísmica luego de la reforma agrícola de principios de los años 70, que llevó a que las empresas azucareras fueran casi equivalentes a la inversión cero en tecnología y modernización de las plantas y al alto nivel de corrupción en la administración de las compañías azucarera (Ministerio de Agricultura y Riego, 2017, p.3)

**Tabla 6.** Producción de caña de azúcar en Perú

<b>AÑOS</b>	<b>PRODUCCIÓN (tn)</b>	<b>SUPERFICIE COSECHADA (ha)</b>	<b>RENDIMIENTO (Kg/ha)</b>
.....	.....	.....	.....
1955	6,097,566.00	35,898.00	169,858.00
1956	5,876,384.00	37,767.00	155,596.00
1957	6,077,792.00	39,353.00	154,443.00
1958	6,840,208.00	39,492.00	173,205.00
1959	6,543,824.00	41,367.00	158,189.00
1960	7,359,171.00	47,361.00	155,385.00
1961	7,288,136.00	47,075.00	154,820.00
1962	7,247,077.00	46,830.00	154,753.00
1963	7,697,310.00	49,160.00	156,577.00
1964	7,590,920.00	48,855.00	155,377.00
1965	7,498,940.00	46,520.00	161,198.00
1966	8,463,380.00	53,530.00	158,105.00
1967	7,942,800.00	49,670.00	159,911.00
.....	.....	.....	.....
2010	9,660,895.00	76,983.00	125,494.00
2011	9,884,936.00	80,069.00	123,455.00
2012	10,368,866.00	81,126.00	127,812.00
2013	10,992,240.00	82,205.00	133,717.00
2014	11,389,617.00	90,357.00	126,051.00
2015	10,211,856.00	84,574.00	120,744.00
2016*	9,832,526.00	87,696.00	112,120.00

Fuente: elaboración propia.

Fuente de origen: Ministerio de Agricultura y Riego, 2017.

### **1.3.10. ENSAYOS DE LABORATORIO**

#### **1.3.10.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

La intuición de la composición granulométrica del suelo grueso sirve para distinguir la influencia que puede tener sobre la densidad del material comprimido o compactado. El

análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en porcentaje de los desemejantes tamaños de las partículas que componen la tierra (Crespo, 2004, p.46).

Es un ensayo que se realiza con la finalidad de estipular la proporción de los desemejantes elementos que lo componen, que son divididos de acuerdo a su volumen (MTC, 2014, p.30). Según el volumen de las partículas del suelo se define los siguientes términos:

**Tabla 7. Clasificación de suelos según tamaño de partículas**

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75mm-4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm- 2.00 mm
		Arena gruesa: 2.00 mm- 0.075 mm
		Arena gruesa: 0.424 mm- 0.075 mm
Material	Limo	0.075 mm- 0.005 mm
Fino	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: elaboración propia

Fuente de origen: Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos MTC 2014.

### 1.3.10.2. CONTENIDO DE HUMEDAD

La determinación de la humedad natural (ensayo MTC E 108) permitirá comparar con la humedad óptima que se obtendrá en los ensayos de Proctor para obtener el CBR del suelo. Sí la humedad natura resulta igual o inferior a la humedad óptima, el proyectista propondrá la compactación normal del suelo y el aporte de la cantidad conveniente de agua. Sí la humedad natural es superior a la humedad óptima y según la saturación del suelo, se propondrá, aumentar la energía de compactación, airear el suelo o reemplazar el material saturado (MTC, 2014, p.34).

### 1.3.10.3. LÍMITE DE ATTERBERG

Es una prueba que reside precisar los límites convenientes a los tres etapas en los cuales puede lucir el suelo: líquido, plástico y sólido, a estas etapas se les denomina límite de atterberg el cual localizamos la plasticidad de un tipo de suelo, y para ello vemos el grado

o porcentaje de humedad con el cual reacciona el suelo en su comportamiento líquido y plástico, dentro de ello se realizará un proceso de diferencias entre el estado líquido y el estado plástico para ver el índice de plasticidad el cual se va determinar si la plasticidad es la adecuada o es inestable (Sanz, 1975, p.36).

#### **1.3.10.3.1. LÍMITE LÍQUIDO**

El límite líquido se precisa como el contenido de humedad mencionado en porcentaje en relación con su peso seco de la muestra, con el que el suelo pasa de la fase líquido al plástico. De acuerdo con esta definición, los suelos plásticos poseen una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte, pero definidos en el límite del líquido, y de acuerdo con Atterberg es de 25 g / cm<sup>2</sup>. La cohesión de un suelo en el límite neto es prácticamente cero (Crespo, 2004, p.70).

“Se designa límite líquido (LL) cuando la superficie pasa de la etapa semilíquido a una etapa plástico y logra moldearse” (MTC, 2014, p.31).

El límite líquido es la frontera entre el estado líquido y plástico, el límite plástico es la frontera entre el estado plástico y semi-sólido, y el límite de contracción es el límite entre el estado semi-sólido y sólido (Márquez, 2006)

#### **1.3.10.3.2. LÍMITE PLÁSTICO**

El límite plástico (L.P.) se detalla como “el contenido de humedad, indicado en porcentajes con relación al peso seco de la muestra escurrida al horno”, para lo cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico (Crespo, 2004, p.76).

Para Crespo (2004, p.78), El límite plástico es muy presuntuoso por el contenido orgánico que posee el suelo, ya que eleva su valía sin acrecentar simultáneamente el límite líquido. Por tal razón los suelos con contenido orgánico tienen bajo índice plástico y límites líquidos altos.

El límite plástico se denota como el contenido de agua que posee un suelo que se expresa en porcentajes, con el cual el suelo cuando se enrolla en rollos de 3,2 mm de diámetro, se desintegra. Así mismo el límite plástico es el límite mínimo de la etapa de plástico del suelo (Das, 2001, p.29).

“El denota límite plástico (LP), cuando el suelo natural pasa de un fase plástico a una fase semisólido y este se logra a romper” (MTC, 2014, p.31).

#### **1.3.10.4. PROCTOR MODIFICADO**

El proctor modificado es un ensayo que se realiza con la finalidad de determinar la cantidad óptima de agua de un suelo que admite la mejor compactación para una energía dada (Sanz, 1975, p.40).

Para Carrasco (2017, p.18), El proctor modificado es una prueba con la que se puede encontrar la humedad requerida con el grado de humedad y ver la compactación perfecta del suelo a través del volumen de peso contenido en un molde. Esto se denomina densidad relativa en volumen bajo una humedad requerida, y para ellos se realiza un proceso que consiste en una variedad de golpes que varían en 5 capas y están relacionadas con las herramientas utilizadas para encontrar la densidad.

#### **1.3.10.5. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

El CBR es una prueba que tiene como objetivo estimar la capacidad de carga de un suelo que está sujeto bajo cargas de las ruedas, es decir, su capacidad para soportar en una determinada estructura de la carretera las cargas móviles que deben recorrerlo (Valero, 1978, p.50).

Para Crespo (2004, p.112), El valor relativo de soportar un piso (CBR) es un índice de su resistencia al corte en ciertas condiciones de compactación y humedad, y se expresa como el porcentaje de carga requerido para insertar un pistón de una sección circular en un suelo de muestra con el triturado exacto de piedra.



### **1.3.11. COMPACTACIÓN**

La compactación se describe como la densificación del suelo por la remoción del aire, lo que requiere energía mecánica. El grado de compactación de un suelo se mide en términos de su peso seco específico. Cuando el agua se añade al suelo durante la compactación, actúa como un agente suavizante para las partículas del suelo, lo que las hace deslizarse juntas y se desplazan a una posición de empaque más densa (Das, 2001, p.51).

La compactación es un procedimiento para obtener la estabilidad de volumen, siendo un tratamiento eficaz y económico para mejorar el suelo y otros materiales para soportar las tensiones indicadas con deformaciones permanentes admisibles, alcanzar el objetivo de que los materiales que forman la infraestructura no experimentar asentamientos irregulares por las solicitudes mencionadas. La compactación alcanza una disminución en los espacios de aire ocupados por el aire (Cañar, 2017, p.15).

## **1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

La mayoría de los suelos arcillosos no cumplen con los requisitos inevitables para un proyecto de pavimentación o afirmado, debido a su baja capacidad de soporte y mala calidad debido a su naturaleza.

Para resolver este problema, se emplean las alternativas de estabilización para mejorar las características mecánicas y físicas del material, evitando altos costos de construcción debido a los grandes espesores de carpetas estructurales a ser proyectados.

La vida útil del afirmado o pavimento, que se apoyan en suelos blandos, es menor que de los demás tipos de suelos, ya que se producen fallas como hundimientos, baches y asentamientos que deterioran rápidamente la carretera.

La zona de Marian y Pinar se caracteriza por poseer suelos arcillosos en su mayoría de su territorio, lo cual estos tipos de suelos no cumplen con las especificaciones mínimas para ser usado como capa de Sub-Rasante por su baja capacidad de carga y resistencia, en consecuencia estos tipos de suelos se deben mejorar con una de las alternativas de solución más económica que es la estabilización química.

#### **1.4.2. PROBLEMA GENERAL**

¿En qué medida se estabilizan los suelos arcillosos adicionando cenizas de caña de azúcar en el tramo de Pinar-Marian, distrito de Independencia, 2018?

#### **1.4.3. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

¿Qué propiedades mecánicas y físicas tiene el suelo extraído del tramo de Pinar-Marian, distrito de Independencia, 2018?

¿Cuál es el resultado de evaluar el índice de plasticidad del suelo arcilloso adicionando las cenizas de caña de azúcar en el tramo de Pinar-Marian, distrito de Independencia, 2018?

¿Cuál es la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad del suelo arcilloso adicionando cenizas de caña de azúcar en el tramo de Pinar-Marian, distrito de Independencia, 2018?

¿Cuál es la capacidad de carga y resistencia del suelo arcilloso adicionando cenizas de caña de azúcar en el tramo de Pinar-Marian, distrito de Independencia, 2018?

### **1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

#### **1.5.1. CONVENIENCIA**

Fue conveniente realizar esta investigación porque al final de este proyecto se presentó un estudio o ficha técnica de estabilización de suelo arcillosos añadiendo cenizas de caña de azúcar, esta ficha se presentó a las autoridades de las municipalidades de Independencia y Marian, siendo una alternativa de solución al problema real que posee el tramo Pinar-Marian en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, que en tiempos de lluvias frecuentes dificulta el acceso a la localidad de Marian por su estado defectuoso de la carretera, teniendo una trascendencia la cual genera problemas prácticos de estabilización que serán desarrolladas en esta investigación.

### **1.5.2.SOCIAL**

La presente investigación se realizó con fines de estabilizar y mejorar la capacidad portante de los suelos arcillosos adicionando cenizas de caña de azúcar. Así mismo favorecerá de forma significativa a los ingenieros de transportes y comunicaciones, concurrendo una alternativa de solución económica el material de cenizas de caña de azúcar en la aplicación de estabilización de suelos arcillosos para ser usada como subrasante de las vías de la zona urbana del sector Pinar - Marian y así mismo las autoridades competentes al optar tener en cuenta y ejecutar nuestro proyecto de investigación puedan ofrecer un transporte fluido y brindar una mejor calidad de vida y segura a los transportistas de esta zona.

Los beneficiarios directos de este trabajo de investigación fueron los pobladores de la localidad Marian y alrededores obteniendo una ficha técnica de estabilización de suelos arcillosos que nosotros les proporcionamos y de esa manera en un tiempo no muy lejano la Institución competente a este rubro pueda lograr mejorar la transitabilidad y el estilo de vida de cada uno de los transportistas y también tener un mejor acceso a la venta de sus productos y así mejorar la economía del lugar de estudio.

Esta investigación propone un nuevo material para la estabilización de suelos arcillosos, para que estos suelos cumplan con las características requeridas por el MTC y así puedan ser usada como subrasante del pavimento o afirmado, así mismo el suelo estabilizado con cenizas de caña de azúcar logren aportar nuevas propiedades, además que poseerá un menor costo de ejecución.

### **1.5.3.IMPLICACIONES PRÁCTICAS**

Culminada la investigación los resultados fueron proporcionados a las autoridades de la municipalidad distrital de Independencia y a las autoridades de la localidad de Marian, para que ellos puedan tomar las decisiones más adecuadas en beneficio de la población de Marian y de esa manera lograr el desarrollo y mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal de la carretera Pinar-Marian.

Así mismo esta investigación trató de cómo demostrar la influencia de las cenizas de caña de azúcar en las propiedades de los suelos arcillosos de la zona en estudio, por consiguiente se realizarán la zonificación y ubicación de las calicatas a estudiar en la carretera del tramo de Pinar – Marian, para luego proceder a realizar los diferentes ensayos de mecánica de suelo en el laboratorio como son los ensayos de: Análisis Granulométrico, Proctor modificado, CBR, Limite Líquido y Límite Plástico, para que de esta manera se pueda evaluar la influencia de las cenizas de caña de azúcar en las propiedades de los suelos arcillosos.

El presente trabajo de investigación se justifica por cuanto nos permitió mejorar la capacidad portante de la muestra que fue extraído de la carretera del tramo Pinar-Marian, distrito de Independencia-Huaraz, al obtener mejores resistencias de la Sub - Rasante al adicionarle materiales estabilizantes como son las cenizas de caña de azúcar. Dado que al adicionarle porcentajes de cenizas de caña de azúcar se obtiene resultados muy favorables a comparación de los resultados de la muestra patrón.

#### **1.5.4. VALOR TEÓRICO**

La información lograda y procesada servirá como sustento para esta tesis y otras investigaciones similares, siendo un contribución significativa para la ingeniería de transportes y comunicaciones, en la aplicación de materiales estabilizantes para suelos arcillosos y se recopiló información tal que sea útil y necesaria para fortalecer conocimientos teóricos y prácticos de esa manera facilitar a otras futuras investigaciones similares a este tema.

Así mismo fue viable conocer e identificar las variables de estudio tanto su comportamiento y relación que poseen entre sí, y con ello brindar algunas recomendaciones a otros futuros investigadores que tengan el interés de hacer un estudio de investigación similar. De igual manera esta investigación ayudará a emplear otro tipo de materiales estabilizantes para diferentes tipos de suelos y plantear nuevas alternativas para el mejoramiento del suelo.

Finalmente el aporte teórico que se brindará gracias al desarrollo de esta investigación, para futuras investigaciones similares serán los siguientes:

**Las cenizas de caña de azúcar** es un material casi puzolanico, con partículas muy finas debido a que son incineradas a altas temperaturas, así mismo este material se puede usar como estabilizante de suelo ya que tiene la propiedad de reducir el índice de plasticidad, como también de mejorar la capacidad de carga y la máxima densidad seca de un suelo (Espinoza y Velásquez, 2018).

**La estabilización de suelos arcillosos** es el proceso que se le da a un suelo con la que se quiere mejorar sometiénolo a una mezcla entre el suelo natural y otro material con características estabilizantes de tal forma que pueda mejorar sus propiedades físicas y mecánicas (Espinoza y Velásquez 2018).

#### **1.5.5. UTILIDAD METODOLÓGICA**

Esta investigación tuvo como instrumentos a las pruebas o ensayos de laboratorio que nos especifican las normas de MTC y ASTM, con la cual se obtuvo una nueva ficha técnica de estabilización de suelos arcillosos con cenizas de caña de azúcar, donde especifica la metodología para solucionar el problema real que posee el lugar de estudio y para que los futuros investigaciones similares a este tema se guíen con esta tesis, en la cual se detalló los procedimientos que se realizó para la estabilización del suelos arcillosos adicionando cenizas de caña de azúcar y para que tengan referencia sobre los porcentajes óptimos de adición de cenizas para lograr estabilizar los diferentes tipos de suelos.

Así mismo esta tesis servirá como antecedente de investigación para los futuros estudios de investigación similares a este tema.

### **1.6. HIPÓTESIS**

#### **1.6.1. HIPÓTESIS CORRELACIONAL**

La adición de las cenizas de la caña de azúcar en un 10%, 20% y 30% logra estabilizar el suelo, alcanza mejorar las propiedades mecánicas y físicas del suelo, aumentando la

capacidad de carga y la máxima densidad seca, como también reduce el índice de plasticidad de los suelos arcillosos del tramo de la carretera Pinar-Marian del distrito de Independencia, 2018.

## **1.7. OBJETIVOS**

### **1.7.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar la estabilización de suelos arcillosos adicionando ceniza de caña de azúcar en el tramo de Pinar-Marian, distrito de Independencia 2018.

### **1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Determinar las propiedades mecánicas y físicas del suelo extraído del tramo de Pinar-Marian, distrito de Independencia, 2018.

Evaluar el índice de plasticidad del suelo arcilloso adicionando las ceniza de caña de azúcar en el tramo de Pinar-Marian, distrito de Independencia 2018 mediante los ensayos de límite plástico y líquido.

Determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad del suelo arcilloso adicionando ceniza de caña de azúcar en el tramo de Pinar-Marian, distrito de Independencia 2018 a través del ensayo de proctor modificado.

Determinar la capacidad de carga y resistencia del suelo arcilloso adicionando ceniza de caña de azúcar en el tramo de Pinar-Marian en el distrito de Independencia 2018 a través del ensayo del CBR.

## II. MÉTODO

### 2.1. MÉTODO DE INVESTIGACION

El **método científico** es el conjunto de estrategias y procedimientos metódicamente secuenciales que tiene como objetivo la comprobación empírica de un planteamiento (hipótesis) y que permitirá la interpretación de la realidad; sin embargo sus conclusiones no pueden tomarse como una verdad absoluta (Borja Suárez, 2012 pág. 8)

En la presente investigación se denominó como método científico, ya que se comprobó la hipótesis planteada y se procedió realizar una secuencia metódica y lógica para demostrar la hipótesis y resolver el problema real del lugar en estudio.

### 2.2. ENFOQUE DE INVESTIGACION

La presente investigación fue de enfoque cuantitativo porque según Hernández, Fernández y Baptista (2010, p.46), el **enfoque de investigación cuantitativa** se basa en los números para investigar, analizar y comprobar información y datos; este intenta especificar y delimitar la asociación o correlación existente, además de la fuerza de las variables, la generalización y objetivación de cada uno de los resultados obtenido; para esto se necesita una recolección metódica u ordenada, y analizar toda la información numérica que se tiene.

La investigación fue cuantitativa porque las relaciones y demostraciones se realizaron a través de las mediciones de las variables, además se tiene un proceso secuencial. Se parte de una premisa particular y termina en algo puntual. Se pudo demostrar a través del ensayo de las muestras de suelo natural y con la adición de cenizas de caña de azúcar.

### 2.3. TIPO DE INVESTIGACION

En relación al tipo de investigación o nivel de estudio se puede mencionar a (Carrasco, 2005, p.43) donde indica que el nivel de investigación aplicada igualmente adopta el nombre de práctica o empírica. La cual se define aplicada porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren durante la investigación para resolver un problema real.

Este trabajo tuvo un **tipo de investigación aplicada**, porque los conocimientos que se adquieren por medio de esta investigación ayudaron a resolver los inconvenientes prácticos que posee el lugar de estudio.

## 2.4. DISEÑO DE INVESTIGACION

Un diseño de investigación experimental es “la que requiere la manipulación intencional deliberada de la variable independiente para analizar sus posibles resultados, consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen en la variable dependiente” (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p.163).

De acuerdo a lo expuesto, la investigación tuvo un **diseño de investigación experimental**, ya que se procedió la manipulación intencional de la variable independiente con 3 niveles de porcentajes de adición de cenizas de caña de azúcar para analizar nuestras posibles resultados , para lo cual se manipularon de la siguiente manera: se extrajo tres muestras de suelo arcilloso de las calicatas indicadas en nuestra delimitación, la cual primero se llevaron a cabo el ensayo de mecánica de suelos con la muestra patrón y después se procedió con el mismo ensayo, pero esta vez adicionando cenizas de caña de azúcar a la calicata que tiene un índice de plasticidad crítico para buscar estabilizarlas. Los ensayos se realizaron con tres tipos de mezclas, una adicionando al 10% de ceniza, la otra un 20% de ceniza y el ultimo un 30% de ceniza de caña de azúcar.

### **M: Muestra que se manipulará para la investigación**

- ★ M: Suelo arcilloso del tramo Pinar-Marian (Progresiva 0+00 - 1+149)

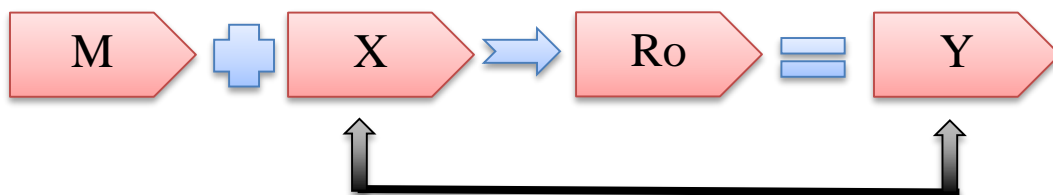
### **Xi: Variable Independiente**

- ★ X: Adición de cenizas de caña de azúcar ( 10, 20 y 30% )

### **Ro: Resultados**

### **Yi: Variable Dependiente**

- ★ Y: Estabilización de suelos arcillosos





## 2.5. ALCANCE DE LA INVESTIGACION

Los estudios con alcances correlacionales tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular, así mismo ofrecen predicciones, explican la relación entre los conceptos y cuantifican relaciones entre variables también pretenden responder a preguntas de investigación como las siguientes: ¿aumenta la autoestima del paciente conforme transcurre una psicoterapia orientada a él?, ¿a mayor variedad y autonomía en el trabajo corresponde mayor motivación intrínseca respecto de las tareas laborales? (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p.123).

Esta investigación tuvo un **alcance correlacional**, ya que los investigadores tratan de evaluar y explicar la relación entre las variables dependiente e independiente: estabilización de suelos arcillosos y el porcentaje de adición de cenizas de caña de azúcar para lograr la mejora de la subrasante, la investigación se llevó a cabo mediante la extracción del suelo arcilloso buscando estabilizar con la adición de cenizas.

## 2.6. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

Se utilizaron dos variables de estudio, una dependiente y otra independiente, la dependiente: Estabilización de suelos arcillosos y la variable independiente: Cenizas de Caña de azúcar.

El cuadro de Operacionalización fue:

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO	ESCALA VALORATIVA	ESCALA DE MEDICIÓN
Ceniza de Caña de azúcar	<p><b>CAÑA DE AZUCAR:</b> El calificativo científico de la caña de azúcar es Saccharum officinarum, esta es una planta vegetal que toma parte de la familia de las poáceas, también es definido como caña de “tallo leñoso que está lleno de un tejido esponjoso y dulce del que se extrae el azúcar” (Rodríguez y Sánchez,2005,p.16)</p> <p><b>CENIZA:</b> Es un subproducto de la etapa de combustión de carbón pulverizado generalmente asociado a las centrales generadoras de fluido eléctrico. Es un polvo de grano fino, compuesto principalmente de silicio, aluminio y varios óxidos y álcalis (Pérez, 2014, p.33).</p> <p><b>Las cenizas de caña de azúcar:</b> Son un material casi puzolanico, con partículas muy finas debido a las altas temperaturas que son incineradas Espinoza y Velásquez, (2018).</p>	<p>Las cenizas de caña de azúcar se procederá a caracterizarlo físicamente (porcentajes de componentes y Granulometría), luego de esto se derivará a mezclarlo con el suelo arcilloso extraído de la carretera del tramo Pinar-Marian para su respectiva estabilización, Para lo cual se usaron los siguientes porcentajes de cenizas de caña de azúcar: 10,20 y 30%</p>	Cantidad de CCA en relación al peso del suelo	10%	Balanza Digital con precisión de 0.01 g	Bueno	NOMINAL
				20%			
				30%			
			Tamaño de la muestra CCA	Partículas con diámetro menor o igual a 0.075 mm	Tamiz # 200 (ASTM D 422)	Malo	

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO	ESCALA VALORATIVA	ESCALA DE MEDICIÓN
Estabilización de suelos arcillosos	<p><b>SUELOS:</b> “Es la esencia material sobre la cual se ejecutan las obras, del que interesan las propiedades físico-químicas, principalmente las propiedades mecánicas” (CRAIG, VAUGHAN y SKINNER, 2006, p.513).</p> <p><b>ESTABILIZACIÓN:</b> Es el proceso a través del cual las superficies nativos son sometidos a alguna operación o procedimiento para que podamos utilizar sus excelentes propiedades. (VALLE, 2010, p.17).</p> <p><b>La estabilización de suelos arcillosos:</b> Es el proceso que se le da a un suelo sometiéndole a una mezcla entre el suelo y otro material con características estabilizantes de tal forma que pueda mejorar sus propiedades físicas mecánicas. Espinoza y Velásquez (2018).</p>	<p>Para la siguiente variable con fines de estabilización de suelo arcilloso se definirá el siguiente método de operación:</p> <p>Cuantitativa aplicada, de manera que se busque determinar con ensayos de laboratorio las propiedades del suelo de manera rápida y con resultados numéricos.</p>	Tipo de suelo	Análisis granulométrico	Ficha de Granulometría por Tamizado (MTC E 107-2000)	CBR < 3% Subrasante Impropia	NOMINAL
			Humedad natural	Contenido de humedad	Ficha de Contenido de humedad (MTC E 108-2000)	3% < CBR < 6% Subrasante Insuficiente	
			Índice de plasticidad	Límite Líquido Límite Plástico	Ficha de Límite de Atterberg (MTC E 110 – 2000/ MTC E 111-2000)	6% < CBR < 10% Subrasante Regular	
			Densidad seca y húmeda	Proctor Modificado	Ficha de Proctor Modificado (MTC E 115 – 2000 )	10% < CBR < 20% Subrasante Buena	
			Capacidad y resistencia del suelo	Ensayo CBR	Ficha de California Bearing Ratio (MTC E 132 - 2000)	20% < CBR < 30% Subrasante Muy buena CBR > 30% Excelente	

## 2.7. POBLACIÓN Y MUESTRA

### 2.7.1. POBLACIÓN

Para Arias (2012, p.81), la población “es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación [...]”

Por lo consiguiente la población correspondiente a este proyecto de investigación estuvo conformada por los suelos arcillosos existentes en la carretera del tramo Pinar a Marian que se encuentra ubicada en:

LUGAR	: PINAR-MARIAN
DISTRITO	: INDEPENDENCIA
PROVINCIA	: HUARAZ
DEPARTAMENTO	: ANCASH
LONGITUD	: 1.149 KM



Figura 3. Vista del tramo de la carretera de Pinar-Marian

## **2.7.2. MUESTRA**

En relación a la muestra (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.175), expresan que es un “subconjunto de la población (conjunto definido con ciertas características), y que se tiene que delimitar con exactitud”.

Para la obtención de la muestra se realizó tres calicata en 1.149 kilómetros de estudio, progresiva 0+000 hasta 1+149 , por consiguiente este proyecto de investigación se considera como muestra a los suelos de la carretera del tramo Pinar-Marian, con una extensión de 1.149 km de largo por 5 m de ancho, teniendo un área total de 5,745 m<sup>2</sup> donde dicho suelo después de haber realizado los ensayos de mecánica de suelo, se obtuvo que el suelo tiene una clasificación según AASHTO es A-6 (9), y según el método SUCS es un suelo (CL) es decir una arcilla de baja plasticidad.

### **2.7.2.1. LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS MUESTRAS**

El área de influencia en el que se localiza la carretera de Pinar – Marian. Geográficamente se ubica en la zona rural del distrito de Independencia, perteneciente a la provincia de Huaraz, departamento de Ancash.

El tramo de ruta inicia desde el centro poblado de Marian con la progresiva 0+00 y culmina el tramo en la progresiva 1+149 en el lugar de Pinar.

El tramo de carretera tiene una longitud de 1+149 km, se encuentra a nivel de afirmado. La morfología no es accidentada en la gran parte del tramo y posee un tipo de suelo arcilloso con baja plasticidad, así mismo se observa que la superficie de rodadura presenta fallas de tipo baches, erosiones y deformaciones de la plataforma originadas principalmente por la baja capacidad de carga que posee estos tipos de suelos, por el discurrir de las aguas de las lluvias y aguas superficiales. Así mismo como el paso de vehículos pesados y la deficiencia de sistemas de drenaje superficial que obstaculizan la evacuación de las aguas pluviales.

**Tabla 8.** Ubicación y localización de las muestras

CALICATA	COORDENADAS UTM	PROGRESIVA	PROFUNDIDAD
01	225158.79 E	0+084.32 km	1.50 mts
	8947630.28 N		
02	224751.12 E	0+510.02 km	1.50 mts
	8947708.17 N		
03	224415.85 E	1+114.58 km	1.50 mts
	8947236.73 N		

Fuente: elaboración propia

### 2.7.3. MUESTREO

Según Namakforoosh (2005), sustenta que “el muestreo es una técnica por la cual la muestra es elegida, lo que implica el juicio personal a veces inherente al investigador, y otros datos recogidos en la investigación” (p.188).

Para Namakforoosh, “el muestreo intencional es aquel que se elige sobre la base de los criterios del investigador, ya que debe tener una noción previa del universo poblacional a ser estudiado. Aunque el muestreo obtenido es representativo” (2000 p. 189).

La presente tesis se desarrolló con un procedimiento de muestreo intencional no probabilístico o dirigida, pues los sujetos de la población fueron directa e intencionalmente seleccionados por los investigadores, de acuerdo con el área que presenta más fallas debido al suelo arcilloso, siendo el tramo crítico a estudiar de Pinar-Marian con una extensión de 1.149 km de largo y 5 m de ancho, con una área total de 5,745 m<sup>2</sup>.

## 2.8. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.

### 2.8.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Según Rojas (2002, p.178), Sustenta que la técnica, es un conjunto de normas, procedimientos concretas que orientan la construcción y la gestión de instrumentos de recolección y análisis de datos.

Para la presente investigación la técnica de recolección de datos fue por medio de la observación directa, la cual permitió visualizar cada ensayo y registrar todos los resultados de manera sistemática en las fichas o formatos estandarizados para cada ensayo dadas por las normas ASTM, MTC Y NTP, las muestras se llevaron al laboratorio de mecánica de suelos de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo y al laboratorio VH E.I.R.L. para determinar las características físicas y mecánicas del tipo de suelo que se está evaluando.

A continuación se detalla los trabajos que se realizó y las técnicas e instrumentos que fueron necesarios para desarrollar esta tesis:

FUENTES	TECNICAS	INSTRUMENTOS
Trabajos de campo	Levantamiento Topográfico	Equipos Topográficos
	Calicatas	Herramientas Manuales
Ensayos Realizados	Estudio de Mecánica de Suelos	Laboratorio de mecánica de suelos

Figura 4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos

### 2.8.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

(Mendoza, 2014, p.6) Ostenta que el instrumento, es el mecanismo que el investigador utiliza para recoger y registrar la información.

Para esta investigación los instrumentos usados fueron fichas de recolección de datos, formatos estipulados bajo las normas peruanas y extranjeras, las cuales permitieron acopiar los resultados de forma directa y confiable.

Se realizaron los siguientes ensayos: MTC E-107- 2000 (Análisis granulométrico) ASTM D-422, MTC E-108- 2000 (Contenido de humedad) ASTM D-2216, MTC E 110 – 2000 / MTC E 111-2000 (Límite líquido y límite plástico e Índice de plasticidad) ASTM D-4318, Clasificación (SUCS) ASTM D-2487, Clasificación (AASHTO) ASTM D-3282, MTC E 115 – 2000 (Proctor modificado) ASTM D-1557 y MTC E-132- 2000 (CBR) ASTM D-1883, de esta forma la toma de datos fueron proporcionados por el laboratorio donde se realizaron los análisis y ensayos respectivos.

### **2.8.3. VALIDEZ**

(Ospino, 2004, p.168), nos cita que la validez es el grado de medición de la variable que se desea evaluar en el instrumento usado en la investigación.

En esta investigación se utilizó normas técnicas peruanas y extranjeras, por ende no se requiere la validación por juicio de especialista ni de evaluación de confiabilidad, porque estas normas técnicas fueron desarrollados o elaboradas por un conjunto de personas altamente especializado en el campo que se creó las normas ASTM, MTC y AASHTO, que hoy en día establecen ordenamientos estandarizados que poseen trascendencia nacional e internacional.

### **2.8.4. CONFIABILIDAD**

(Montenegro y Ortiz, 2005), La confiabilidad a menudo se define como la probabilidad de que un sistema o componente desarrolle sus funciones bajo condiciones operativas durante un periodo de tiempo específico y se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales.

En esta investigación no fue necesario la validación, porque se confió en los resultados obtenidos, debido a que los instrumentos que se utilizó para recabar los datos han sido



elaborados por expertos altamente capacitados y así mismo siendo formatos estandarizados por las normas ASTM, MTC y ASHTO, no se requerirá la validación.

## **2.9. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS**

Para Hernández (2010), Para estudiar datos, refiriéndose a metodologías complicadas, el prosista ampara y consiente informes de patrones de caracteres cuantitativos (estadística descriptiva e inferencial) y cualitativos (codificación y corroboración temática), así como posibles perspectivas (p.586).

En esta investigación en el primer paso se realizó los ensayos de suelos con las muestras naturales y luego con la combinación de suelo-cenizas, lo cual se procedió a tamizar las cenizas de caña de azúcar por la malla N° 200 para lograr separar partículas como el carbón del bagazo de caña de azúcar y de esa manera obtener el polvo fino, el cual se caracterizó físicamente: granulometría. Luego de ser caracterizado las cenizas, se procedió a estabilizar químicamente la muestra del suelo arcilloso con cenizas en diferentes porcentajes, buscando perfeccionar la capacidad de resistencia (CBR), disminuir el índice de plasticidad y la expansión, también evaluar las características de la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad, para que dicho suelo pueda ser usado como sub rasante.

En esta tesis, se efectuó los métodos estadísticos descriptivo, porque se tienen que recolectar, analizar, organizar y representar un conjunto de datos obtenidos mediante los ensayos de mecánica de suelos. A través de software MS EXCEL 2013, se generarán gráficos, histogramas de frecuencias absolutas o relativas y gráfico de barras para su respectiva descripción e interpretación de los resultados obtenidos.

## **2.10. ASPECTOS ÉTICOS**

En esta tesis, todas las fuentes registradas fueron correctamente referenciadas según la norma ISO 690, así como los datos serán detallados de acuerdo con lo que fue obtenido en el área de estudio, así mismo se detalla la autenticidad de los autores.

Esta investigación fue analizada y procesada en el software del Turnitin, certificando la confidencialidad y privacidad de la investigación, como autoría propia de los tesisistas.

De la misma forma, los autores se comprometen con la responsabilidad de la veracidad y autenticidad de los resultados obtenidos confiándose del procesamiento de los datos en el software Excel, así como de los ensayos de laboratorio.

También se supuso para la ejecución de dicha tesis, que se centra en varios aspectos éticos, en el cual los resultados tuvieron sabidurías precisos para adquirir datos reales, sin ser manipulado o alterado, fueron tomados como datos antecedentes y cuadro teórico de varios libros, tesis y normas correctamente citadas y su autoría será respetada. Los datos de esta investigación son de confianza por el investigador.

### **III. RESULTADOS**

#### **3.1. TRAMIENTO DE LOS RESULTADOS**

Para realizar el presente trabajo de investigación, se siguió la siguiente secuencia: En la primera etapa consistió en localizar los puntos en que las respectivas calicatas pudieran ser hechas, para entonces extraer las diferentes muestras que se encuentran en ellas y luego ser evaluadas, a través de pruebas de mecánica de suelos. Esta etapa fue dada a través de trabajo de campo (levantamiento topográfico) (ver panel fotográfico figura 34). Este estudio nos proporcionó puntos de corte precisos para la realización de la perforación del suelo. Una vez registrados los puntos de corte, fue necesario conocer el número necesario de calicatas a realizarse para la prueba a la sub-rasante de la carretera Pinar-Marian, lo cual el conteo vehicular fue realizado, y para luego proseguir con el cálculo del IMDA (ver anexo 6 estudio de tráfico), con esta conteo vehicular se pudo estimar el número de vehículos que circulan en la carretera en estudio, en los que se obtuvo un IMDA de 204 Veh / día con una clasificación de una carretera de tercera clase de acuerdo con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC 2014 (Manual de sección de suelos y pavimentos), de esta forma, esta clasificación facilitó para determinar el número de calicatas a realizarse según lo estipulado en la norma de MTC 2014.

En la segunda etapa, con el objetivo de determinar las características mecánicas y físicas de las muestras del suelo de fundación, se hicieron la localización y trazo de las tres calicatas, con dimensiones de 0,8 metros de ancho por 0,8 metros de longitud, obteniendo una área de 0,64 m<sup>2</sup> con una profundidad de 1,50 m, estas se ubicaron a cada 500 m de la longitud de la sección de la carretera Pinar-Marian.

De estas excavaciones, se obtuvieron muestras representativas, que fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Universidad Cesar Vallejo-Huaraz y al de VH Laboratorio E.I.R.L, donde fueron analizados los suelos. El registro de los espesores de cada una de los estratos del subsuelo fue anotado en la libreta de campo, sus características de gradación, color, plasticidad y humedad, con estas características descritas en la libreta de campo de cada una de las calicatas se procedió realizar la estratigrafía de los suelos del área en estudio.

Las muestras representativas fueron sometidas a los siguientes ensayos:

**Características Físicas:**

- Análisis granulométrico por tamizado (MTC E 107-ASTM D422 )
- Contenido de humedad (MTC E 108-ASTM D2216)
- Límite de Atterberg
  - Límite líquido (MTC E 110-ASTM D4318)
  - Límite plástico (MTC E 111-ASTM D4318)
  - Índice de plasticidad (MTC E 111-ASTM D4318)
- Clasificación de suelos método SUCS (ASTM D-2487)
- Clasificación de suelos método AASHTO (ASTM D-3282)

**Características Mecánicas:**

- Proctor modificado (MTC E 115-ASTM D1557)
- California Bearing Ratio CBR (MTC E 132-ASTM D1883)

En la tercera etapa después de haber realizado los ensayos de análisis granulométrico y los límites de atterberg se clasificó las diferentes muestras por los métodos de SUCS y AASTHO, así mismo después de haber realizado los ensayos para la determinación de las características físicas y químicas se procedió a verificar si los resultados obtenidos del suelo patrón extraído cumplían con las especificaciones técnicas de sub rasante estipuladas por el MTC, obteniendo resultados no favorables donde las características del suelo eran inadecuado para el uso como sub-rasante de la carretera, ya que presentaban un alto índice de plasticidad, la resistencia de carga muy baja y el CBR al 95 % fue 4.81%.

En la norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones menciona que si un suelo presenta un  $CBR < 6\%$ , necesariamente se tiene que mejorar las propiedades del suelo ya sea con material de préstamo o con el proceso de estabilización, en efecto se eligió la estabilización química con cenizas de caña de azúcar, se procedió a realizar de nuevo los ensayos de límite de atterberg, proctor modificado y CBR, pero esta vez el suelo fue mezclado con cenizas en porcentajes de 10,20 y 30% para así lograr determinar la

estabilización y mejorar las propiedades de los suelos arcillosos con la adición de cenizas de caña de azúcar del tramo Pinar-Marian.

Para la cuarta y última etapa, se procedió a realizar el ensayo de límites de consistencia logrando resultados favorables en la disminución del índice de plasticidad, así mismo se realizó el ensayo de proctor modificado con la mezcla de suelo-cenizas obteniendo mejoras en la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad de la muestra analizada.

Con los resultados de óptimo contenido de humedad, se procedió a realizar el ensayo de relación de soporte (CBR) del suelo con mezclas de cenizas, lo cual la realización de este ensayo nos sirvió para analizar la influencia de mejora que tuvo el suelo patrón al añadirle dicho estabilizador, en la parte última de este ensayo obteniendo los nuevos resultados de los ensayos realizados con la mezcla de cenizas, se realizó una verificación de los resultados, donde se pudo concluir que las características del suelo fueron mejoradas con la mezcla de este estabilizante y esta vez cumpliendo con las especificaciones del MTC para que dicho suelo pueda ser usado como Sub-rasante del afirmado o pavimentado, concluyendo que la adición de cenizas logró estabilizar y mejorar las características del suelo. En la siguiente figura se resume cada una de las etapas.

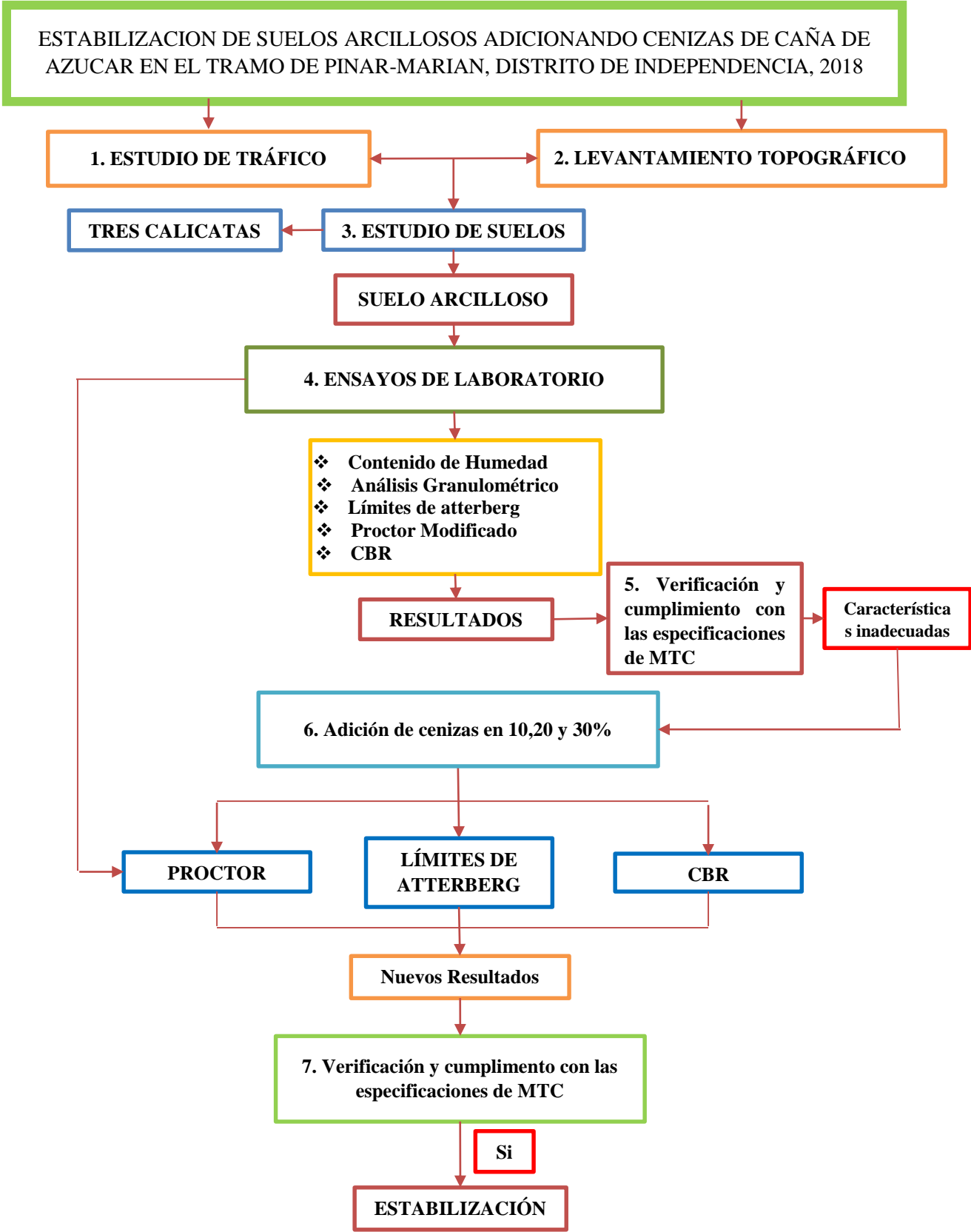


Figura 5. Flujo grama con la explicación del trabajo de investigación.

### 3.2. RESULTADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS

#### 3.2.1. RESULTADOS RESPECTO AL OBJETIVO GENERAL

##### 3.2.1.1. DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN.DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.

De acuerdo a los resultados adquiridos en los ensayos con la mezcla del estabilizante químico cenizas de caña de azúcar, se pudo corroborar que la capacidad de soporte (CBR) y la máxima densidad seca incrementan porcentualmente. Así mismo se logró reducir el índice de plasticidad de la muestra analizada cumpliendo así con los parámetros mínimos que debe tener el CBR de la sub – rasante para ser usado como carpeta estructural del pavimento o afirmado.

A continuación en la tabla 9 se muestra los valores de mejora del CBR, proctor modificado y los límites de atterberg del suelo – ceniza con respecto a los ensayos del suelo patrón.

**Tabla 9.** Resumen de los ensayos realizados del suelo con CCA.

MUESTRA	% DE ADICION	COMPACTACIÓN		EXPANSIÓN (%)	CBR (%)	I.P (%)
		M.D.S	O.C.H (%)			
SUELO ARCILLOSO +CENIZAS DE CAÑA DE AZUCAR	0	1.656	6.382	1.47	4.81	16.11
	10	1.802	8.708	0.54	11.56	11.59
	20	1.859	9.567	0.24	15.18	9.73
	30	1.776	8.321	0.60	10.42	12.04

Fuente: elaboración propia

#### 3.2.2. RESULTADOS RESPECTO A LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A continuidad se presentan los resultados de los ensayos realizados a cada una de las muestras del suelo, para lograr establecer sus propiedades mecánicas y físicas antes de ser tratadas con el estabilizante químico cenizas de caña de azúcar. Para obtener las muestras representativas a utilizar, primero se ubicaron las 3 calicatas en el tramo de la carretera Pinar - Marian correspondiente a cada 500 metros, donde en cada una de ellas se realizó una calicata a una profundidad de 1.50m, siendo estas muestras provenientes de dicha excavación.

3.2.2.1. DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS DEL SUELO EXTRAÍDO DEL TRAMO PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018

❖ PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

➤ ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Este ensayo sirvió para realizar la clasificación de las partículas del suelo en función a su tamaño. En la tabla 10 se presenta el resumen del ensayo de análisis granulométrico de las tres calicatas.

*Tabla 10. Resumen de resultados del ensayo granulométrico*

MALLA		Acumulado que pasa (%)		
TAMIZ	Abertura (mm)	C-01	C-02	C-03
3"	75.000	100.0	100.0	100.0
2"	50.000	100.0	100.0	100.0
1 ½"	37.500	100.0	100.0	100.0
1"	25.000	100.0	100.0	100.0
¾"	19.000	100.0	100.0	100.0
½"	12.500	100.0	100.0	100.0
3/8"	9.500	99.5	99.2	98.9
¼"	6.250	98.9	98.5	98.2
N°4	4.750	98.5	98.0	97.6
N°10	2.000	97.8	97.2	96.7
N°20	0.850	97.2	96.5	96.0
N°40	0.425	96.1	95.2	94.5
N°60	0.250	93.2	92.2	91.5
N°140	0.106	81.9	80.7	79.8
N°200	0.075	63.1	61.4	59.9

Fuente: elaboración propia

De la tabla 10, se aprecia que la calicata uno (C-01) cuya muestra que pasa la malla N° 200 es el 63.1%, en la segunda calicata (C-02) el material fino es de 61.4% y por último en la tercer calicata (C-03) el material pasante la malla N°200 es de 59.9%, mostrando la presencia del material arcilloso. A partir de estos datos se pudo graficar la curva granulométrica para determinar el



porcentaje de cada material correspondiente a gravas, arenas y limos-arcillas, presentes en las muestras representativas analizadas.

➤ **CONTENIDO DE HUMEDAD**

Al determinar la cantidad de agua presente en el suelo de fundación nos da una referencia para saber si es mayor o menor del contenido óptimo de humedad para poder compactar el suelo de la sub - rasante. Los contenidos de humedad obtenidos se muestran en la tabla 11.

**Tabla 11.** *Resumen de resultados del Contenido de Humedad*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			
<b>CALICATA</b>	<b>PROGRESIVA</b>	<b>PROF. (m)</b>	<b>W (%)</b>
C-01	0+084.32 Km	0.40-1.50	17.04
C-02	0+510.02 Km	0.40-1.50	16.69
C-03	1+114.58 Km	0.40-1.50	16.22

Fuente: elaboración propia

De los resultados obtenidos se concluye que el contenido de humedad natural promedio de la carretera Pinar-Marian es de 16.65%.

➤ **LÍMITES DE ATTERBERG**

Las muestras analizadas presentaron una plasticidad alta. La primera calicata tiene un índice de plasticidad I.P. mayor al 16%, la segunda calicata tiene un 12.17 % de I.P. y la tercera calicata tiene un I.P. mayor al 11 %, la cual se deduce que en ambas calicatas muestran un suelo arcilloso. En la tabla 12 se resume la ejecución del ensayo de límite de atterberg, estos datos son de vital importancia, ya que con ello se pudo clasificar el tipo de suelo y en el caso de mejorar el suelo para tomar la mejor decisión sobre el tipo de estabilizador a utilizar.

**Tabla 12.** *Resumen de los resultados de Límite atterberg.*

<b>CALICATA</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>L.L. (%)</b>	<b>L.P. (%)</b>	<b>I.P. (%)</b>
C-01	M-01	18.19	2.08	16.11
C-02	M-01	15.94	3.77	12.17
C-03	M-01	16.15	4.45	11.70

Fuente: elaboración propia

En la tabla 12 se observa que la muestra de la calicata uno presenta mayor porcentaje de plasticidad con 16.11%.

✓ **CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS EXTRAÍDOS DEL TRAMO EN ESTUDIO.**

De los resultados obtenidos anteriormente en los ensayos, basados en las características físicas de los suelos de la carretera, se pasó a clasificar los suelos a través de los métodos de SUCS y AASHTO.

- Para la clasificación por el método SUCS se consideró la granulometría, porcentajes que lograron pasar la malla N°4, N° 200 y sus propiedades plásticas.
- Para la clasificación por el sistema AASHTO se consideró la granulometría, los porcentajes que pasaron la malla N° 10, N° 40, N° 200, las características plásticas y el índice de grupo. Para evaluar la calidad de un suelo para ser usado como material de Sub – Rasante en carreteras; es de vital importancia conocer el índice de grupo (I.G), que está en función del L.L, I.P y el material pasante la malla N° 200, en la siguiente tabla se muestra la clasificación de suelos.

**Tabla 13.** Clasificación de suelos de las muestras extraídas.

CALICATA	MUESTRA	AASHTO	SUCS
C-01	M-01	A-6(9)	CL (ES UNA ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD)
C-02	M-01	A-6(9)	CL (ES UNA ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD)
C-03	M-01	A-6(9)	CL (ES UNA ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD)

Fuente: elaboración propia

De los resultados obtenidos se concluye que todas las muestras presentan un material arcilloso la cual son características particulares de un material que presenta baja capacidad de soporte CBR.

❖ **PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO EXTRAIDO.**

➤ **PROCTOR MODIFICADO**

Se determinó la relación del contenido de humedad y la máxima densidad seca, obteniendo así la curva de compactación del suelo, En la tabla 14 se muestra los resultados obtenidos del ensayo de proctor modificado de la calicata 1 ubicada en el kilómetro 0+084.32 del trayecto de la carretera, este ensayo tan solo se realizó a una sola calicata, ya que en la norma de MTC especifica que para una clasificación según su demanda carretera de tercera clase se debe realizar un CBR por cada 2 Km y como nuestra área de influencia tiene una proyección de 1.149 km de longitud se procedió a realizar el ensayo antes mencionado tan solo a una calicata eligiendo el más crítico en el índice de plasticidad, lo cual el ensayo del proctor modificado se realizó en base a esta información.

**Tabla 14.** Resumen de resultados del proctor modificado del suelo patrón

CALICATA	MUESTRA	M.D.S.	O.C.H. (%)
C-01	M-01	1.656	6.382

Fuente: elaboración propia

➤ **CBR**

En la siguiente tabla 15 se muestra el resumen de los resultados del ensayo de CBR, sumergido a 4 días (96 horas) por tratarse de suelos que presentan arcilla con una sobre carga de 4.5 kg. Se determinó el porcentaje de expansión y además el valor del CBR al 95 % y 100% de la máxima densidad seca (MDS) a una penetración de 0.1”, los resultados obtenidos son muy importantes ya que a partir de ello podemos comparar con los resultados obtenidos con la adición del estabilizante químico cenizas de caña de azúcar aplicado al suelo de la sub – rasante del tramo de la carretera Pinar-Marian.

**Tabla 15.** *Resumen de resultados del ensayo de CBR suelo patrón*

CALICATA	MUESTRA	EXPANSION (%)	CBR 0,1” al	
			95% DE M.D.S.	100% DE M.D.S.
C-01	M-01	1.47	4.81	6.67

Fuente: elaboración propia

**3.2.2.2.EVALUAR EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL SUELO ARCILLOSO ADICIONANDO LAS CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018 MEDIANTE LOS ENSAYOS DE LÍMITE PLÁSTICO Y LÍQUIDO.**

Después de determinar y conocer las propiedades físicas y mecánicas de cada una de las muestras patrón, a continuación se presentaran el resultado del ensayo realizado con la adición del estabilizante químico cenizas de caña de azúcar en diferentes porcentajes que fue aplicada a la muestra de la calicata C-01, se adicionó tan solo a la muestra de esta calicata ya que las demás calicatas tienen similares características. En cuanto al ensayo realizado en la muestra suelo - cenizas, con la finalidad de lograr el objetivo general en este estudio, se realizó el ensayo de límites de consistencia, en la siguiente tabla se muestra el resumen de los resultados obtenidos del ensayo de límite de atterberg.

**Tabla 16.** Resultado del ensayo de límite de atterberg con adición de CCA.

CALICATA	MUESTRA	% DE ADICION DE CENIZAS	L.L. (%)	L.P. (%)	I.P (%)
C-01	CL	10%	13.28	1.69	11.59
		20%	10.56	0.83	9.73
		30%	12.92	0.78	12.14

Fuente: elaboración propia

**3.2.2.3.DETERMINAR LA MÁXIMA DENSIDAD SECA Y EL ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO ARCILLOSO ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018 A TRAVÉS DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO.**

Con el ensayo de proctor modificado se pudo determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad del suelo, ensayo que se realizó a la calicata C-01 con adición de cenizas, en la cual se obtuvo los siguientes datos que se muestra en la tabla 17.

**Tabla 17.** Resumen de resultado del ensayo proctor modificado suelo – cenizas

CALICATA	MUESTRA	% DE ADICION DE CENIZAS	M.D.S. (gr/cm3)	O.C.H. (%)
C-01	CL	10%	1.802	8.708
		20%	1.859	9.567
		30%	1.776	8.321

Fuente: elaboración propia

**3.2.2.4.DETERMINAR LA CAPACIDAD DE CARGA Y RESISTENCIA DEL SUELO ARCILLOSO ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO PINAR-MARIAN EN EL DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018 A TRAVÉS DEL ENSAYO DEL CBR.**

A continuación se muestra el resumen de los valores que se obtuvieron al realizar el ensayo de CBR a la mezcla suelo – cenizas, con el óptimo contenido de humedad obtenido del ensayo anterior. Aquellos valores son mostrados en la tabla 18.

**Tabla 18.** *Resumen de resultados del ensayo CBR Suelo – Cenizas*

CALICATA	MUESTRA	% DE ADICION DE CENIZAS	EXPANSIÓN (%)	CBR 0,1” AL	
				95% DE M.D.S.	100% DE M.D.S.
C-01	CL	10%	0.54	11.56	12.93
		20%	0.24	15.18	16.97
		30%	0.60	10.42	11.49

Fuente: elaboración propia

**3.3. RESULTADOS DESCRIPTIVOS**

**3.3.1. OBTENCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO PATRON Y CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR**

**3.3.1.1. CONTENIDO DE HUMEDAD**

**3.3.1.1.1. PROCEDIMIENTO Y CALCULOS**

Para la realización de este ensayo de contenido de humedad de las muestras patrón se siguió de acuerdo al procedimiento establecido por la siguiente Norma técnica peruana NTP 339.127. El ensayo se realizó a las muestras inalteradas aproximadamente 600 gr extraídas de cada una de las calicatas, esta muestra inmediatamente se trasladó al laboratorio se suelos de la facultad de Ingeniería Civil y al VH Laboratorio, donde se

determinó la cantidad de agua presente en la muestra de suelo, por medio de los siguientes cálculos:

- En el primer paso se determinó el peso del agua contenida ( $W_w$ )

$$W_w = \text{Peso total del suelo húmedo} - \text{Peso total del suelo seco}$$

- El Segundo paso fue determinar el peso del suelo seco ( $W_s$ )

$$W_s = \text{Peso total del suelo seco} - \text{Peso del recipiente (tara)}$$

- En el tercer paso se procedió calcular el contenido de humedad de cada una de las muestras representativas del suelo ( $W\%$ )

$$\%W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

- Finalmente se calculó el promedio de los porcentajes de humedad. Tal como se especifica en las siguientes tablas.

### 3.3.1.1.2. TABLAS ESTADÍSTICAS

**Tabla 19.** *Contenido de humedad del suelo (C-01)*

<b>DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D-2216)</b>					
1	Nº DEL RECIPIENTE		<b>M1</b>	<b>M2</b>	
2	PESO DEL RECIPIENTE	(g)	28.95	25.01	
3	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO H.	(g)	166.35	151.65	
4	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO S.	(g)	146.32	133.23	
5	PESO DEL AGUA CONTENIDA (3) - (4)	(g)	20.03	18.42	
6	PESO DEL SUELO SECO (4) - (2)	(g)	117.37	108.22	<b>PROMEDIO</b>
7	CONTENIDO DE HUMEDAD (5) / (6) * 100	(%)	<b>17.07</b>	<b>17.02</b>	<b>17.04</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 20.** *Contenido de humedad del suelo (C-02)*

<b>DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D-2216)</b>					
1	N° DEL RECIPIENTE		<b>M1</b>	<b>M2</b>	
2	PESO DEL RECIPIENTE	(g)	31.25	27.94	
3	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO H.	(g)	193.49	175.01	
4	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO S.	(g)	170.60	153.70	
5	PESO DEL AGUA CONTENIDA (3) - (4)	(g)	22.89	21.31	
6	PESO DEL SUELO SECO (4) - (2)	(g)	139.35	125.76	<b>PROMEDIO</b>
7	CONTENIDO DE HUMEDAD (5) / (6) * 100	(%)	<b>16.43</b>	<b>16.94</b>	<b>16.69</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 21.** *Contenido de humedad del suelo (C-03)*

<b>DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D-2216)</b>					
1	N° DEL RECIPIENTE		<b>M1</b>	<b>M2</b>	
2	PESO DEL RECIPIENTE	(g)	20.65	19.23	
3	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO H.	(g)	154.23	149.02	
4	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO S.	(g)	135.40	131.09	
5	PESO DEL AGUA CONTENIDA (3) - (4)	(g)	18.83	17.93	
6	PESO DEL SUELO SECO (4) - (2)	(g)	11475	111.86	<b>PROMEDIO</b>
7	CONTENIDO DE HUMEDAD (5) / (6) * 100	(%)	<b>16.41</b>	<b>16.03</b>	<b>16.22</b>

Fuente: elaboración propia



### 3.3.1.1.3. ANÁLISIS DEL RESULTADO

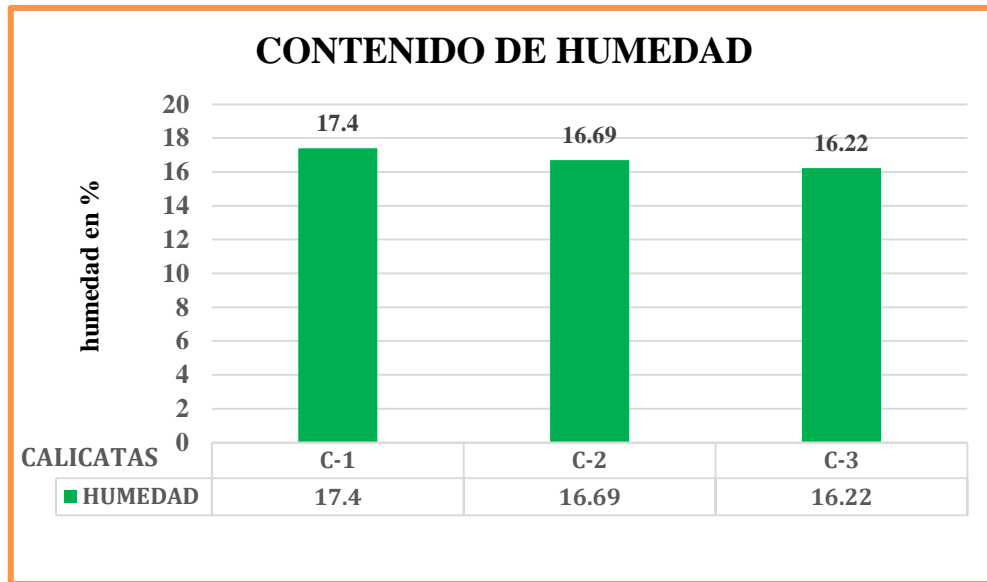


Figura 6. Análisis del contenido de humedad de las muestras analizadas.

**DESCRIPCIÓN:** En esta distribución destacamos los porcentajes de contenido de humedad natural de las tres calicatas donde se obtiene un resultado en la cual varía con la escala mayor en la calicata uno (C-1) con un 17.40% de Humedad, seguido por la calicata dos (C-2) con un 16.69% y por último la calicata tres (C-3) el que menor humedad tiene con un 16.22%.

**INTERPRETACIÓN:** En los resultados obtenidos se pudo demostrar el alto contenido de humedad que están presentes en las muestras arcillosas, ya que debido a su composición química atraen humedad y es por ello que al ser evaluados en su peso húmedo y peso seco se puede ver que la variación del contenido de humedad, obteniendo resultados que varían desde 16.22% hasta 17.40% de humedad de las calicatas mostradas.

### 3.3.1.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

#### 3.3.1.2.1. PROCEDIMIENTO Y CALCULOS

Este ensayo se realizó solamente para las muestras patrón de cada una de las calicatas extraídas del tramo de la carretera en estudio de acuerdo a la NTP 339.128 y MTC E 107-2000 el cual consiste en el análisis granulométrico por tamizado.

Para la ejecución de este ensayo inicialmente se realizó el cuarteo del material y luego el secado de la muestra en el horno por un lapso de 24 horas a una temperatura de 110 ° centígrados, se pesó aproximadamente 3400 gr de muestra para cada calicata. Posteriormente se procedió a lavar el material por el tamiz N° 200.

El material retenido por la malla N° 200 se retiró en una vasija para posteriormente ser secada, luego se dejó pasar la muestra ya seca por el juego de tamices normados, lo cual fue agitado manualmente durante un tiempo de 10 minutos. Finalmente se determinaron los porcentajes pasantes de cada tamiz y se graficó la curva granulométrica. Por medio de los siguientes cálculos.

- Primero se procedió a calcular el porcentaje retenido (%P.ret) en cada uno de los tamices.

$$\%P. ret = \frac{P_{tamiz}}{P_1} \times 100$$

Donde:

P<sub>tamiz</sub>: Peso del material retenido en cada tamiz

P<sub>1</sub>: Peso total de la muestra secada al horno

- Segundo se calculó el porcentaje retenido acumulado (% PAR)

$$\%PAR = \text{Suma de porcentajes mayores o iguales}$$

- Tercero se calculó el porcentaje pasante de cada uno de los tamices.

$$\%PASA = 100 - \%PAR$$

- Finalmente se grafica la curva granulométrica, Para graficar la curva granulométrica se consideraron los porcentajes del material que pasa y la abertura de las mallas.

### 3.3.1.2.2. DIAGRAMAS Y TABLAS ESTADÍSTICAS

**Tabla 22.** Granulometría del suelo (C-01)

<b>Análisis Granulométrico por Tamizado: ASTM-D422</b>		
TAMIZ	Abertura (mm)	Acumulado que Pasa (%)
3"	75.000	100.0
2"	50.000	100.0
1 1/2"	37.500	100.0
1"	25.000	100.0
3/4"	19.000	100.0
1/2"	12.500	100.0
3/8"	9.500	99.5
1/4"	6.250	98.9
N°4	4.750	98.5
N°10	2.000	97.8
N°20	0.850	97.2
N°40	0.425	96.1
N°60	0.250	93.2
N°140	0.106	81.9
N°200	0.075	63.1

Fuente: elaboración propia

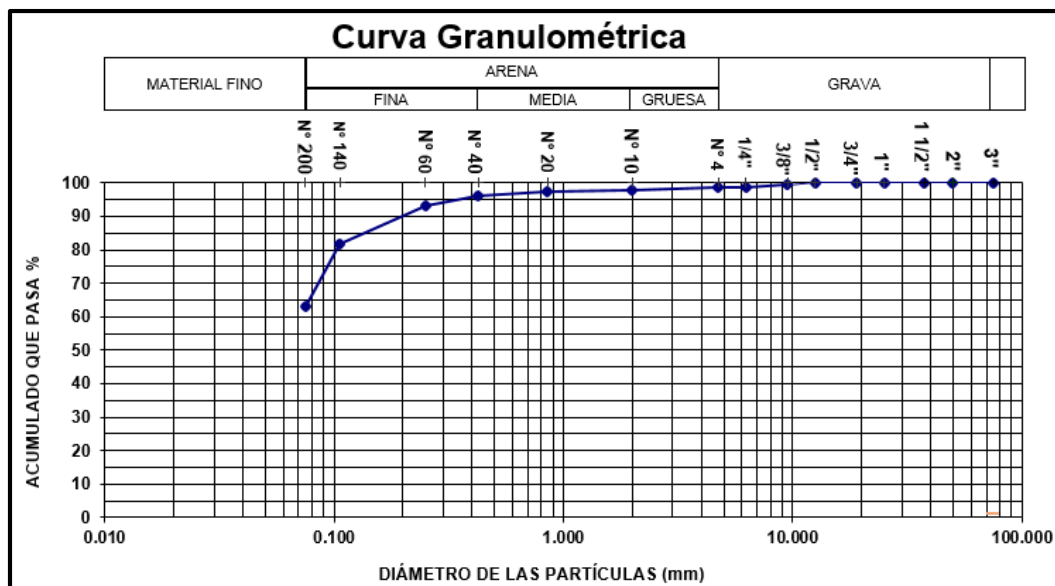


Figura 7. Curva granulométrica del suelo (C-01)

**Tabla 23. Granulometría del suelo (C-02)**

<b>Análisis Granulométrico por Tamizado: ASTM-D422</b>		
TAMIZ	Abertura (mm)	Acumulado que Pasa (%)
3"	75.000	100.0
2"	50.000	100.0
1 1/2"	37.500	100.0
1"	25.000	100.0
3/4"	19.000	100.0
1/2"	12.500	100.0
3/8"	9.500	99.2
1/4"	6.250	98.5
N°4	4.750	98.0
N°10	2.000	97.2
N°20	0.850	96.5
N°40	0.425	95.2
N°60	0.250	92.2
N°140	0.106	80.7
N°200	0.075	61.4

Fuente: elaboración propia

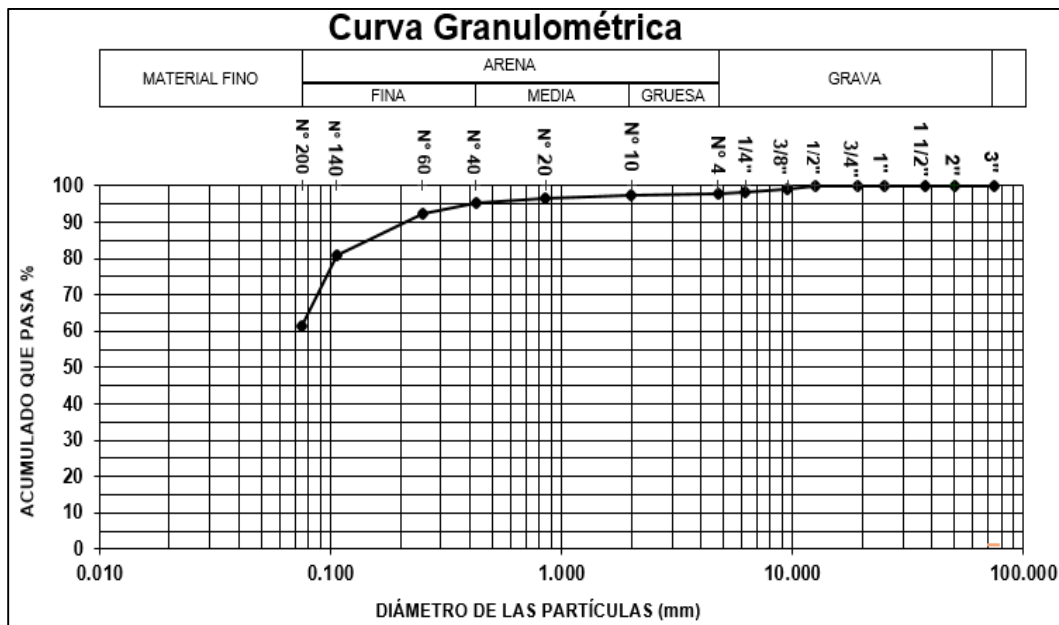


Figura 8. Curva granulométrica del suelo (C-02)

**Tabla 24. Granulometría del suelo (C-03)**

<b>Análisis Granulométrico por Tamizado: ASTM-D422</b>		
TAMIZ	Abertura (mm)	Acumulado que Pasa (%)
3"	75.000	100.0
2"	50.000	100.0
1 1/2"	37.500	100.0
1"	25.000	100.0
3/4"	19.000	100.0
1/2"	12.500	100.0
3/8"	9.500	98.9
1/4"	6.250	98.2
N°4	4.750	97.6
N°10	2.000	96.7
N°20	0.850	96.0
N°40	0.425	94.5
N°60	0.250	91.5
N°140	0.106	79.8
N°200	0.075	59.9

Fuente: elaboración propia

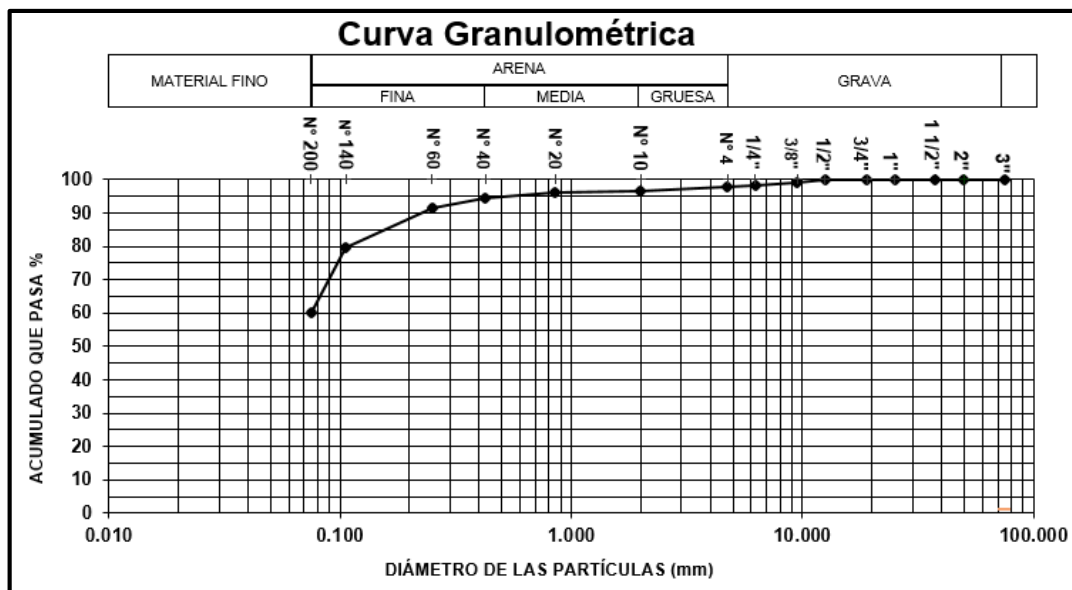


Figura 9. Curva granulométrica del suelo (C-03)

### 3.3.1.2.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

**Tabla 25.** Contenido de porcentaje por material.

MATERIAL	C-1	C-2	C-3
Grava (%)	1.5	2.0	2.4
Arena (%)	35.4	36.6	37.7
Arcilla o limo (%)	63.1	61.4	59.9

Fuente: elaboración propia

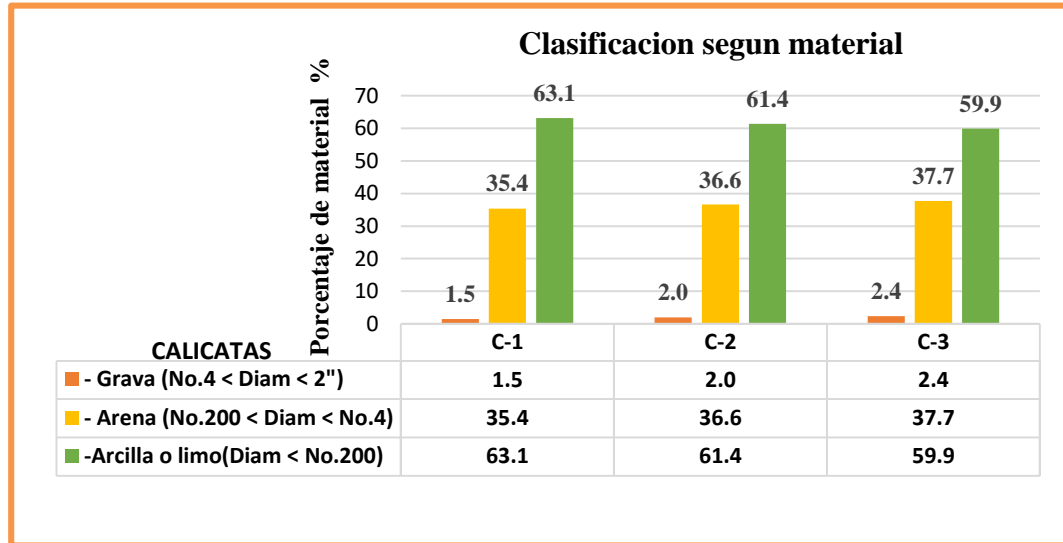


Figura 10. Clasificación de las muestras analizadas según material presente.

**DESCRIPCIÓN:** En esta distribución recalcamos los porcentajes de finos que prepondera, donde la arcilla obtiene los rangos más altos en la calicata uno (C-1) con un valor total del 63.1% de material arcilloso, 35.4% material arenoso, 1,5% de material gravoso. Seguido por la calicata número dos (C-2) con un valor de 61.4% de material arcilla, 36.6% de material arenoso, 2.0 % de material gravoso. Por último se tiene el que menos tiene en porcentaje arcilloso el cual es la calicata tres (C-3) con 59.9 % de material arcilloso, 37.7% material arenoso y 2.4 % de material gravoso.

**INTERPRETACIÓN:** De acuerdo a la estratigrafía del suelo de las tres calicatas y extracción de la muestra ubicado en la parte media de cada una de ellas, se demostró que las muestras llevadas al laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo-Huaraz y al laboratorio VH para ser zarandeadas a través del tamizado granulométrico, arrojó que es un suelo arcilloso A(6) según AASHTO con un índice de grupo (9) y según el método SUCS es un suelo tipo CL (arcilla con baja plasticidad) el cual lo clasifica como un suelo inestable, con

notable fallas de resistencia donde el grado de arcilla que pasa la malla número 200 varía desde 59.9% hasta 63.1% de la muestra total.

### 3.3.1.3. LÍMITES DE CONSISTENCIA

#### 3.3.1.3.1. PROCEDIMIENTO Y CALCULOS

Estos ensayos se realizaron para las muestras patrón y con adición de cenizas de caña de azúcar, de acuerdo a lo indicado en la NTP 339.129

**a) LÍMITE LÍQUIDO:** Antes de la ejecución de este ensayo se obtuvo 150 gr aproximadamente de la muestra pasante por el tamiz N° 40, seguidamente en una recipiente se mezcló el suelo con agua mediante una espátula hasta obtener una pasta suave y uniforme, para posteriormente colocar una porción de esta pasta en la copa de casa grande con espesor de 1cm. En el centro se realizó una ranura con el acanalador de tal manera que la muestra quede dividida en dos partes.

A continuación se ejecutó la copa de casa grande a razón de 2 golpes/seg. Contando el número de golpes necesarios para que la parte inferior del talud de la ranura se cierre 1.27cm, luego se tomó 10 gr de suelo aproximadamente de la ranura cerrada y se determinó el contenido de humedad de esta.

Finalmente se realizó la gráfica de fluidez determinando la ordenada correspondiente a los 25 golpes, este valor que se obtuvo fue el límite líquido del suelo. Este ensayo se realizó para cada una de las calicatas.

**b) LÍMITE PLÁSTICO:** Con la misma muestra del ensayo anterior, se mezcló perfectamente alrededor de 30 gr de suelo húmedo. Para posteriormente este ser rolado de manera uniforme sobre una placa de vidrio hasta alcanzar un diámetro de 3 mm. Se repitió el roleo constante reduciéndole el contenido de humedad. Se pudo decir que llegamos al límite plástico cuando este bastoncillo rolado se cuarteo. Un vez terminado el ensayo, la muestra cuarteada fue llevada a una vasija para luego se haga la medición del contenido de humedad.

### 3.3.1.3.2. DIAGRAMAS Y TABLAS ESTADÍSTICAS

**Tabla 26.** Límite líquido y plástico de la calicata (C-01)

LÍMITES DE CONSISTENCIA						
PRUEBA N°		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	5
RECIPIENTE N°		1	2	3	1	2
NÚMERO DE GOLPES		<b>15</b>	<b>26</b>	<b>31</b>		
1	PESO DEL RECIPIENTE (g)	3.06	2.99	3.01	5.65	9.05
2	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO H. (g)	11.43	9.92	10.60	11.34	13.73
3	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO S. (g)	9.89	8.86	9.67	11.23	13.63
4	PESO DEL AGUA (2-3) (g)	1.54	1.06	0.93	0.11	0.10
5	PESO DEL SUELO SECO (3-1) (g)	6.83	5.87	6.66	5.58	4.58
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (4/5)*100 (%)	<b>22.55</b>	<b>18.06</b>	<b>13.96</b>	<b>1.97</b>	<b>2.18</b>

Fuente: elaboración propia

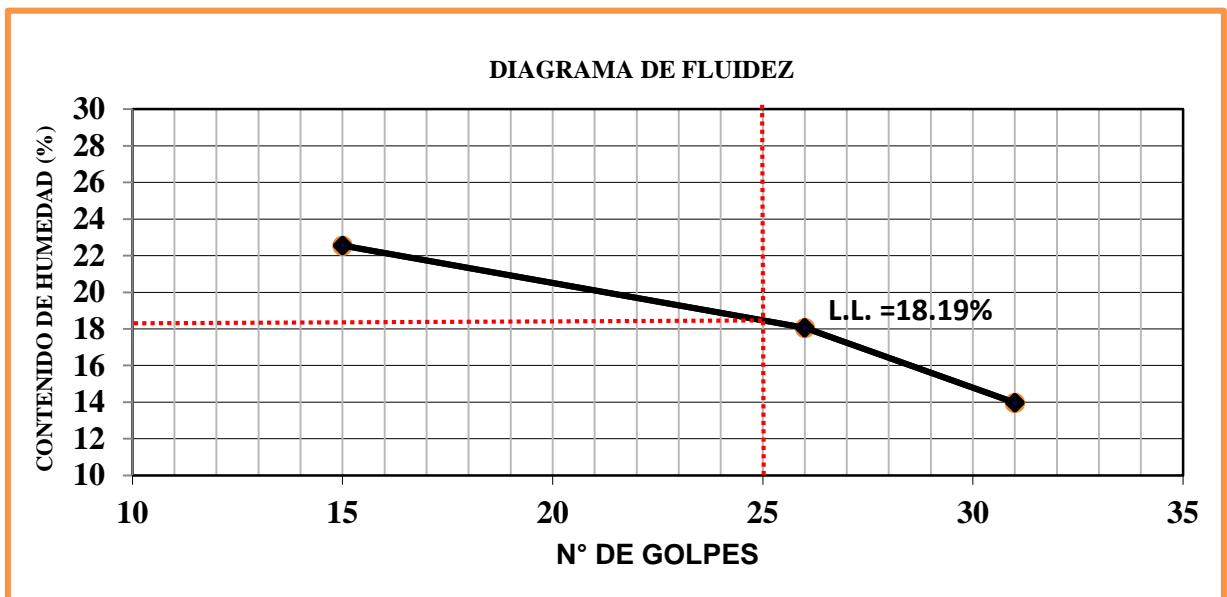


Figura 11. Diagrama de fluidez de la calicata (C-01)

**Tabla 27.** Resumen de resultados de límites de consistencia (C-01)

Límites de Consistencia ASTM-D427	
ASTM-D-4318	
Límite Líquido (%)	<b>18.19</b>
Límite Plástico (%)	<b>2.08</b>
Índice de Plasticidad (%)	<b>16.11</b>

Fuente: elaboración propia



**Tabla 28.** Límite líquido y plástico de la calicata (C-02)

LÍMITES DE CONSISTENCIA							
PRUEBA N°			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
			1	2	3	4	5
RECIPIENTE N°			1	2	3	1	2
NÚMERO DE GOLPES			<b>16</b>	<b>21</b>	<b>30</b>		
1	PESO DEL RECIPIENTE	(g)	2.92	4.51	4.25	5.71	2.54
2	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO H.	(g)	7.39	8.42	8.52	7.50	4.56
3	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO S.	(g)	6.42	7.74	8.20	7.45	4.47
4	PESO DEL AGUA (2-3)	(g)	0.97	0.68	0.32	0.05	0.09
5	PESO DEL SUELO SECO (3-1)	(g)	3.50	3.23	3.95	1.74	1.93
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (4/5)*100	(%)	<b>27.71</b>	<b>21.05</b>	<b>8.10</b>	<b>2.87</b>	<b>4.66</b>

Fuente: elaboración propia

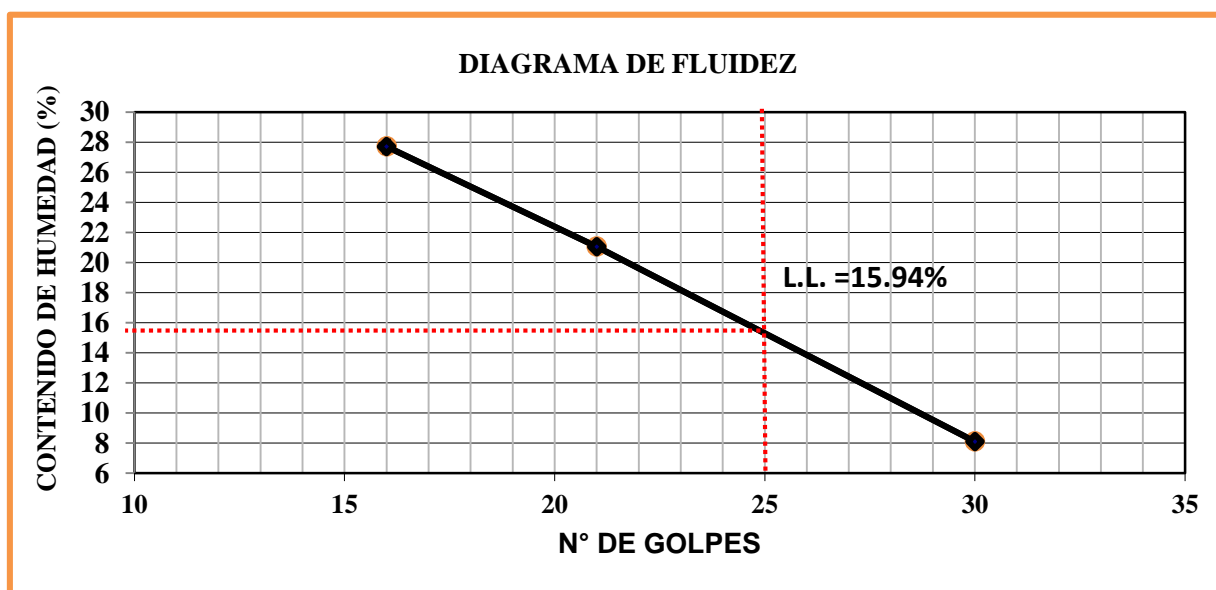


Figura 12. Diagrama de fluidez de la calicata (C-02)

**Tabla 29.** Resumen de resultados de límites de consistencia (C-02)

Límites de Consistencia ASTM-D427	
ASTM-D4318	
Límite Líquido (%)	<b>15.94</b>
Límite Plástico (%)	<b>3.77</b>
Índice de Plasticidad (%)	<b>12.17</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 30. Límite líquido y plástico de la calicata (C-03)**

LÍMITES DE CONSISTENCIA							
PRUEBA N°			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
			1	2	3	4	5
RECIPIENTE N°			1	2	3	1	2
NÚMERO DE GOLPES			<b>17</b>	<b>26</b>	<b>31</b>		
1	PESO DEL RECIPIENTE	(g)	3.06	2.99	3.01	5.23	6.02
2	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO H.	(g)	11.43	9.92	10.60	10.21	12.43
3	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO S.	(g)	9.58	9.03	10.21	9.95	12.22
4	PESO DEL AGUA (2-3)	(g)	1.85	0.89	0.39	0.26	0.21
5	PESO DEL SUELO SECO (3-1)	(g)	6.52	6.04	7.20	4.72	6.20
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (4/5)*100	(%)	<b>28.37</b>	<b>14.74</b>	<b>5.42</b>	<b>5.51</b>	<b>3.39</b>

Fuente: elaboración propia

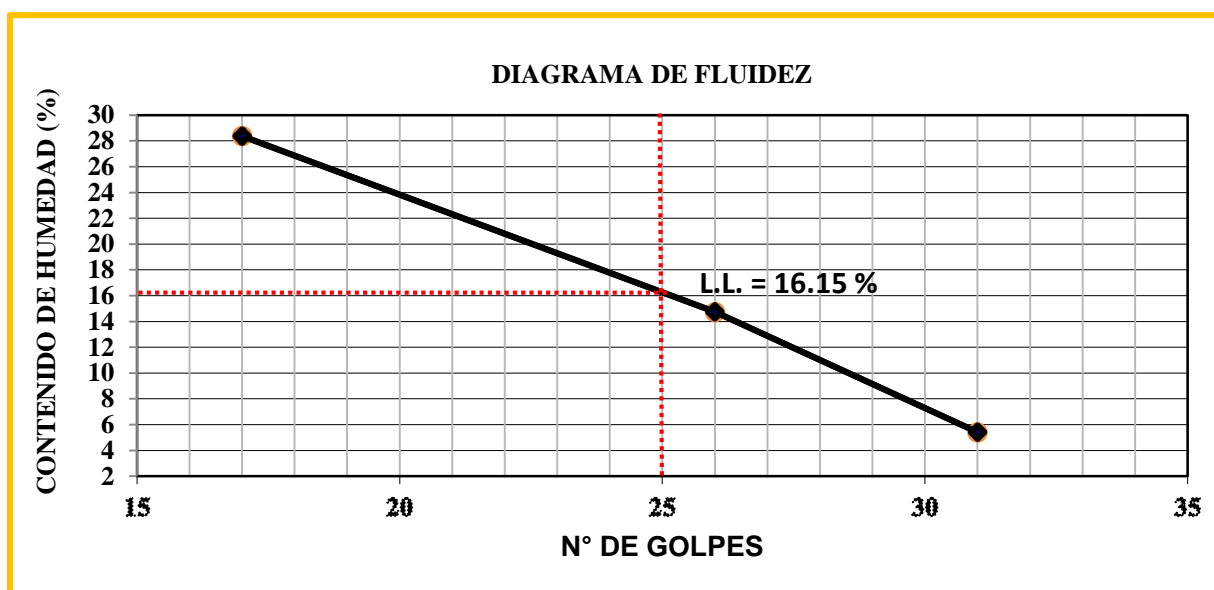


Figura 13. Diagrama de fluidez de la calicata (C-03)

**Tabla 31. Resumen de resultados de límites de consistencia (C-03)**

Límites de Consistencia ASTM-D427	
ASTM-D4318	
Límite Líquido (%)	<b>16.15</b>
Límite Plástico (%)	<b>4.45</b>
Índice de Plasticidad (%)	<b>11.70</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 32.** Límite líquido y plástico de la calicata (C-01) con 10% de cenizas

LÍMITES DE CONSISTENCIA						
PRUEBA N°		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	5
RECIPIENTE N°		1	2	3	1	2
NÚMERO DE GOLPES		<b>14</b>	<b>23</b>	<b>29</b>		
1	PESO DEL RECIPIENTE (g)	2.56	2.34	2.52	4.56	8.89
2	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO H. (g)	10.02	8.78	9.38	10.33	12.65
3	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO S. (g)	8.56	7.95	8.71	10.23	12.59
4	PESO DEL AGUA (2-3) (g)	1.46	0.83	0.67	0.10	0.06
5	PESO DEL SUELO SECO (3-1) (g)	6.00	5.61	6.19	5.67	3.70
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (4/5)*100 (%)	<b>24.33</b>	<b>14.80</b>	<b>10.82</b>	<b>1.76</b>	<b>1.62</b>

Fuente: elaboración propia

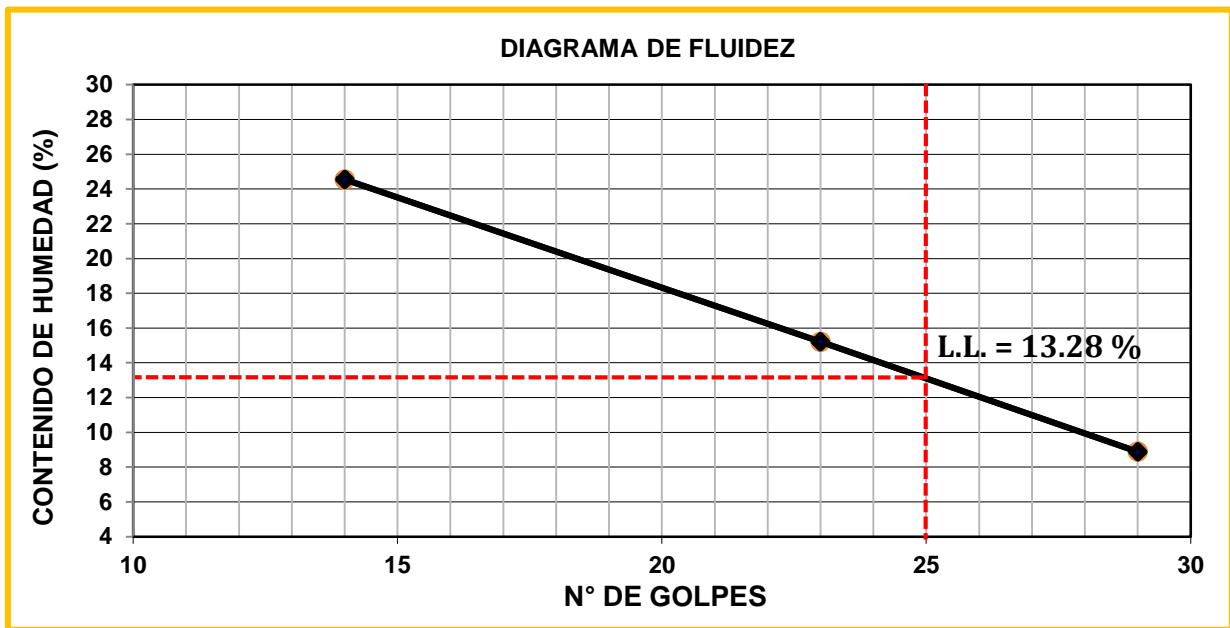


Figura 14. Diagrama de fluidez de la calicata (C-01) con 10% de cenizas

**Tabla 33.** Resumen de resultados de límites de consistencia con 10% de cenizas (C-01)

Límites de Consistencia ASTM-D427	
ASTM-D4318	
Límite Líquido (%)	<b>13.28</b>
Límite Plástico (%)	<b>1.69</b>
Índice de Plasticidad (%)	<b>11.59</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 34.** Límite líquido y plástico de la calicata (C-01) con 20% de cenizas

LÍMITES DE CONSISTENCIA							
PRUEBA N°			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
			1	2	3	4	5
RECIPIENTE N°			1	2	3	1	2
NÚMERO DE GOLPES			<b>13</b>	<b>24</b>	<b>31</b>		
1	PESO DEL RECIPIENTE	(g)	3.02	2.66	2.95	4.52	4.68
2	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO H.	(g)	8.65	8.72	9.02	12.23	12.75
3	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO S.	(g)	7.64	8.08	8.85	12.16	12.69
4	PESO DEL AGUA (2-3)	(g)	1.01	0.64	0.17	0.07	0.06
5	PESO DEL SUELO SECO (3-1)	(g)	4.62	5.42	5.90	7.64	8.01
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (4/5)*100	(%)	<b>21.86</b>	<b>11.81</b>	<b>2.88</b>	<b>0.92</b>	<b>0.75</b>

Fuente: elaboración propia

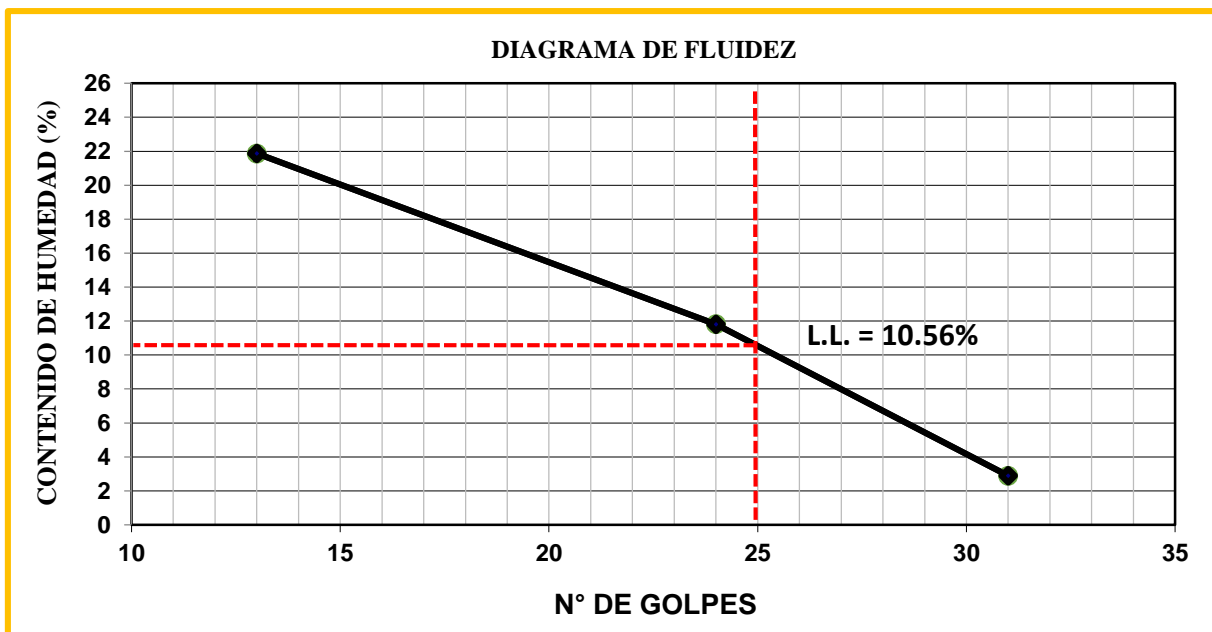


Figura 15. Diagrama de fluidez de la calicata (C-01) con 20% de cenizas

**Tabla 35.** Resumen de resultados de límites de consistencia con 20% de cenizas (C-01)

Límites de Consistencia ASTM-D427	
ASTM-D4318	
Límite Líquido (%)	<b>10.56</b>
Límite Plástico (%)	<b>0.83</b>
Índice de Plasticidad (%)	<b>9.73</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 36.** Límite líquido y plástico de la calicata (C-01) con 30% de cenizas

LÍMITES DE CONSISTENCIA							
PRUEBA N°	RECIPIENTE N°	NÚMERO DE GOLPES	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
			1	2	3	4	5
1	PESO DEL RECIPIENTE	(g)	2.62	3.21	3.12	3.62	4.25
2	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO H.	(g)	11.67	12.54	12.22	8.32	9.76
3	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO S.	(g)	10.02	11.55	11.35	8.29	9.71
4	PESO DEL AGUA (2-3)	(g)	1.65	0.99	0.87	0.03	0.05
5	PESO DEL SUELO SECO (3-1)	(g)	7.40	8.34	8.23	4.67	5.46
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (4/5)*100	(%)	<b>22.30</b>	<b>11.87</b>	<b>10.57</b>	<b>0.64</b>	<b>0.92</b>

Fuente: elaboración propia

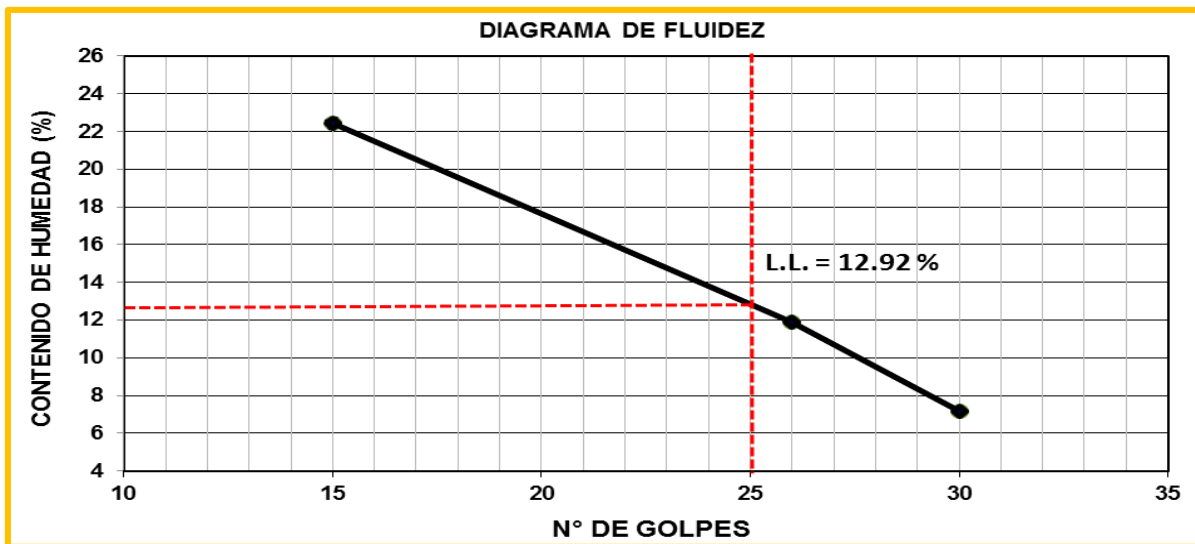


Figura 16. Diagrama de fluidez de la calicata (C-01) con 30% de cenizas

**Tabla 37.** Resumen de resultados de límites de consistencia con 30% de cenizas (C-01)

Límites de Consistencia ASTM-D427	
ASTM-D4318	
Límite Líquido (%)	<b>12.92</b>
Límite Plástico (%)	<b>0.78</b>
Índice de Plasticidad (%)	<b>12.14</b>

Fuente: elaboración propia

### 3.3.1.3.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

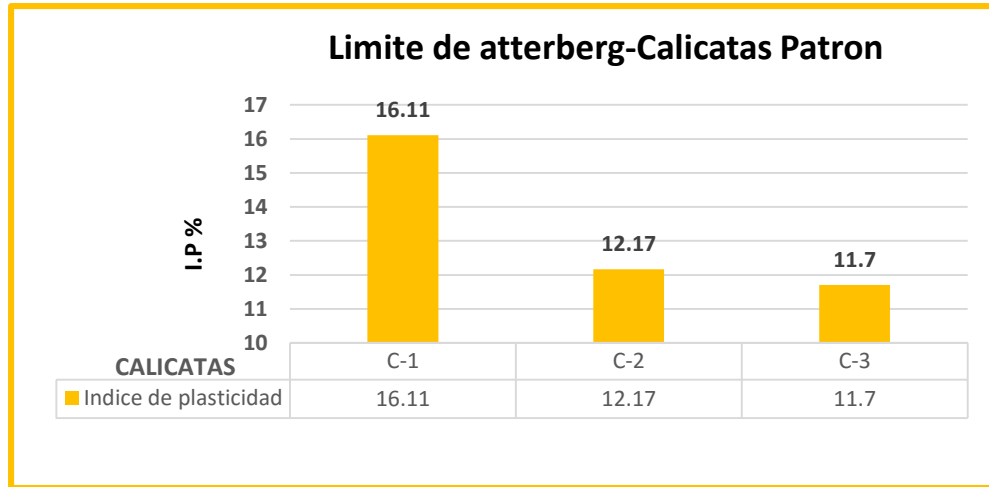


Figura 17. Límite de atterberg de las calicatas patrón

**DESCRIPCIÓN:** En esta distribución destacamos los porcentajes del índice de plasticidad, donde el predominante es la calicata uno (C-1) con un 16.11% de I.P, seguido por la calicata dos (C-2) con un 12.17 % de I.P y por último tenemos a la calicata tres (C-3) al que menor índice de plasticidad tiene con un 11.70%.

**INTERPRETACIÓN:** El índice de plasticidad de cada una de las muestras que fueron sometidas en los ensayos de limite líquido y limite plástico logran demostrar que hay un alto índice de plasticidad que varía desde el 11.70% hasta 16.11% destacando que estos suelos al ser humedecidos capturan el líquido y se vuelve altamente plástico y esto no permite que este suelo sea apto en resistencia para cargas de los vehículos.

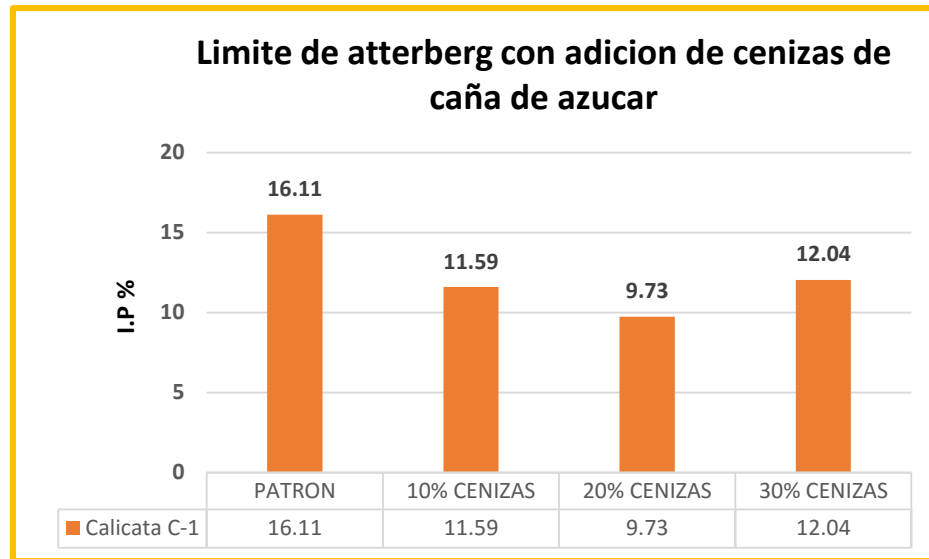


Figura 18. Límite de atterberg de la calicata (C-01) con adición de cenizas

**DESCRIPCIÓN:** En esta distribución destacaremos el Límite de Atterberg de la calicata patrón, la cual fue seleccionada la calicata que tiene mayor deficiencia siendo la calicata C-1 con 16.11% de I.P. A esta se le adiciono cenizas de caña de azúcar en porcentajes y podemos observar en la figura 18 que la Calicata C-1 con el 20% de C.C.A. Se obtiene una mayor disminución favorable en el I.P obteniendo el 9.73%, seguido por el 10% de C.C.A. Con un I.P de 11.59% y por último el 30% de C.C.A con un I.P. de 12.04.

**INTERPRETACIÓN:** Se evidencio que la muestra patrón obtienen un índice de plasticidad elevado por consiguiente son las más expuestas al I.P. y es la C-1 Se demostró que mediante la adición del 20% cenizas de caña de azúcar a la muestra patrón disminuye favorablemente su índice de plasticidad de la calicata patrón que fue seleccionada ya que es la más deficiente.

Cabe precisar que al 10% y 30% también disminuyen su índice de plasticidad pero con un porcentaje menor.

### 3.3.1.4. PROCTOR MODIFICADO

#### 3.3.1.4.1. PROCEDIMIENTO Y CALCULOS

El ensayo de Proctor modificado se realizó de acuerdo a la norma NTP 339.141, la ejecución de este ensayo se aplicó tanto a la muestra patrón, como a la muestra de la misma con distintos porcentajes del estabilizador cenizas.

En este caso las muestras patrón a analizar serán de la calicata C-01 y en el caso de las muestras suelo – cenizas se harán con la misma calicata, debido a que la calicata 2 y 3 presenta características muy similares a la de la muestra representativa de la calicata 1.

Para el inicio de este ensayo primero tuvimos que definir el método de compactación, lo cual se basó en tamizar una muestra representativa por los tamices N° 4, 3/8” y 3/4” respectivamente, de manera que por porcentaje de participación de los pesos retenidos en dichas mallas se obtenga el método a ser usado (A, B o C), para esta investigación se obtuvo el método A. de acuerdo a lo seleccionado en la siguiente tabla.

**Tabla 38.** Elección del Método de Compactación

METODO	MOLDE	PESO DEL PISON	N° DE CAPAS	N° DE GOLPE POR CAPAS	USO DEL METODO DE COMPACTACIÓN
(A) P. Estándar	4”	5 Lb	3	25	Si 20% o menos del material es retenido en el tamiz N°4
(B) P. Estándar	4”	5 Lb	3	25	Si más del 20% del material es retenido en el tamiz n° 4 y 20% o menos es retenido en el tamiz de 3/8”
(B) P. Estándar	6”	5 Lb	3	56	Si más del 20 % del material es retenido en el tamiz 3/8 “ y 30% es retenido en el tamiz 3/4”
(A) P. Modificado	4”	10 Lb	5	25	Si 20% o menos del material es retenido en el tamiz N°4
(B) P. Modificado	4”	10 Lb	5	25	Si más del 20% del material es retenido en el tamiz n° 4 y 20% o menos es retenido en el tamiz de 3/8”
(C) P. Modificado	6”	10 Lb	5	56	Si más del 20 % del material es retenido en el tamiz 3/8 “ y 30% es retenido en el tamiz 3/4”

Fuente: elaboración propia



Una vez seleccionado el método, se pasó a preparar 4 muestras de 6 kilos cada una con un determinado contenido de humedad, tres de las muestras con el estabilizador cenizas de caña de azúcar y una muestra patrón.

Preparada ya las muestras antes mencionados se procedió a colocarlas en el molde del proctor, para seguidamente compactar cada una de ellas en 5 capas y cada una de las capas con 25 golpes de acuerdo a lo indicado en la tabla 38 método "A" este proceso se repite agregando el 2 % al 4% de agua a la muestra, hasta que este llegue o se aproxime a su óptimo contenido de humedad, al finalizar el proceso de compactación de la última capa, se retiró el collarín del molde, y se procedió a nivelar con una regla metálica, para poder determinar la densidad húmeda, además del ensayo también se pudo determinar el contenido de humedad de cada muestra compactada.

Finalmente se grafica la curva de compactación, con los datos de contenido de humedad y los datos de densidad seca. Con la gráfica ya culminada se pudo determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad, dichos datos nos van a servir para el desarrollo del ensayo del CBR. Datos que fueron obtenidos mediante los siguientes cálculos.

- Primero se realizó el cálculo la densidad húmeda

$$\% \rho_{hum} = \frac{\text{Peso de la muestra humedad}}{\text{volumen del molde}} \times 100$$

- Segundo se hizo el cálculo de la humedad

$$\% W = \frac{(\text{P. del suelo humedo} + \text{tara}) - (\text{P. del suelo seco} + \text{tara})}{(\text{P. del suelo seco} + \text{tara}) - (\text{Tara})} \times 100$$

- Finalmente se hizo cálculo de la densidad seca

$$\% \rho_s = \frac{\text{Densidad Humeda } (\rho_{hum})}{1 + (\text{Contenido de humedad } (W)/100)}$$

### 3.3.1.4.2. DIAGRAMAS Y TABLAS ESTADÍSTICAS

**Tabla 39. Proctor modificado del suelo natural (C-01)**

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO) ASTM-D1557</b>					
MOLDE N° 01	Volumen de molde(cc) : 943.47	Tipo de Molde: 4"	Temperatura Secado (°C): 110		
CAPAS N° 05	Golpes (N°) : 25	Peso de Molde (gr.): 2085.2	Método : A		
<b>PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>					
PRUEBA N°		1	2	3	4
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	943.47	943.47	943.47	943.47
PESO SUELO + MOLDE	gr	3563.3	3618.6	3738.2	3589.1
PESO MOLDE	gr	2085.2	2085.2	2085.2	2085.2
PESO SUELO COMPACTADO	gr	1478.1	1533.4	1653	1503.9
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm3	<b>1.57</b>	<b>1.63</b>	<b>1.75</b>	<b>1.59</b>
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
RECIPIENTE	N°	1	2	3	4
P. MUESTRA H. + TARA	gr	110.08	114.08	101.04	98.75
P. MUESTRA S. + TARA	gr	108.43	110.65	96.72	93.18
PESO DE TARA	gr	27.51	25.83	25.32	26.73
PESO DE AGUA	gr	1.65	3.43	4.32	5.57
PESO MUESTRA SECA	gr	80.92	84.82	71.40	66.45
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	<b>2.039</b>	<b>4.044</b>	<b>6.050</b>	<b>8.382</b>
DENSIDAD SECA	gr/cm3	<b>1.535</b>	<b>1.562</b>	<b>1.652</b>	<b>1.471</b>
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)		<b>1.656</b>			
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		<b>6.382</b>			

Fuente: elaboración propia

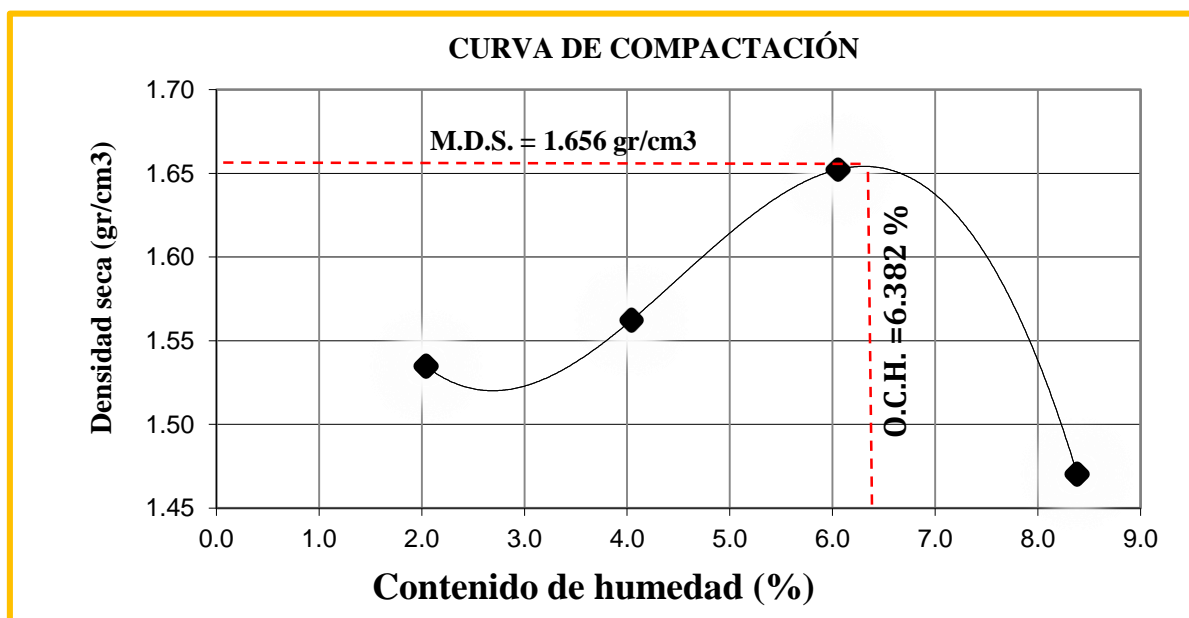


Figura 19. Curva de compactación del suelo natural (C-01)

**Tabla 40. Proctor modificado del suelo (C-01) con 10% de CCA**

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO) ASTM-D1557</b>					
MOLDE N° 01	Volumen de molde(cc) : 943.47	Tipo de Molde: 4"	Temperatura Secado (°C): 110		
CAPAS N° 05	Golpes (N°) : 25	Peso de Molde (gr.): 2085.2	Método : A		
<b>PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>					
<b>PRUEBA</b>	N°	1	2	3	4
<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	cm <sup>3</sup>	943.47	943.47	943.47	943.47
<b>PESO SUELO + MOLDE</b>	gr	3484.5	3707.3	3921.9	3786.7
<b>PESO MOLDE</b>	gr	2085.2	2085.2	2085.2	2085.2
<b>PESO SUELO COMPACTADO</b>	gr	1399.3	1622.1	1836.7	1701.5
<b>DENSIDAD HUMEDA</b>	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.48</b>	<b>1.72</b>	<b>1.95</b>	<b>1.80</b>
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
<b>RECIPIENTE</b>	N°	1	2	3	4
<b>P. MUESTRA H. + TARA</b>	gr	110.03	111.05	108.02	103.23
<b>P. MUESTRA S. + TARA</b>	gr	106.51	105.91	101.59	95.98
<b>PESO DE TARA</b>	gr	25.03	24.56	24.33	25.68
<b>PESO DE AGUA</b>	gr	3.52	5.14	6.43	7.25
<b>PESO MUESTRA SECA</b>	gr	81.48	81.35	77.26	70.30
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	%	<b>4.320</b>	<b>6.318</b>	<b>8.323</b>	<b>10.313</b>
<b>DENSIDAD SECA</b>	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.422</b>	<b>1.617</b>	<b>1.797</b>	<b>1.635</b>
<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>)</b>		<b>1.802</b>			
<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>		<b>8.708</b>			

Fuente: elaboración propia

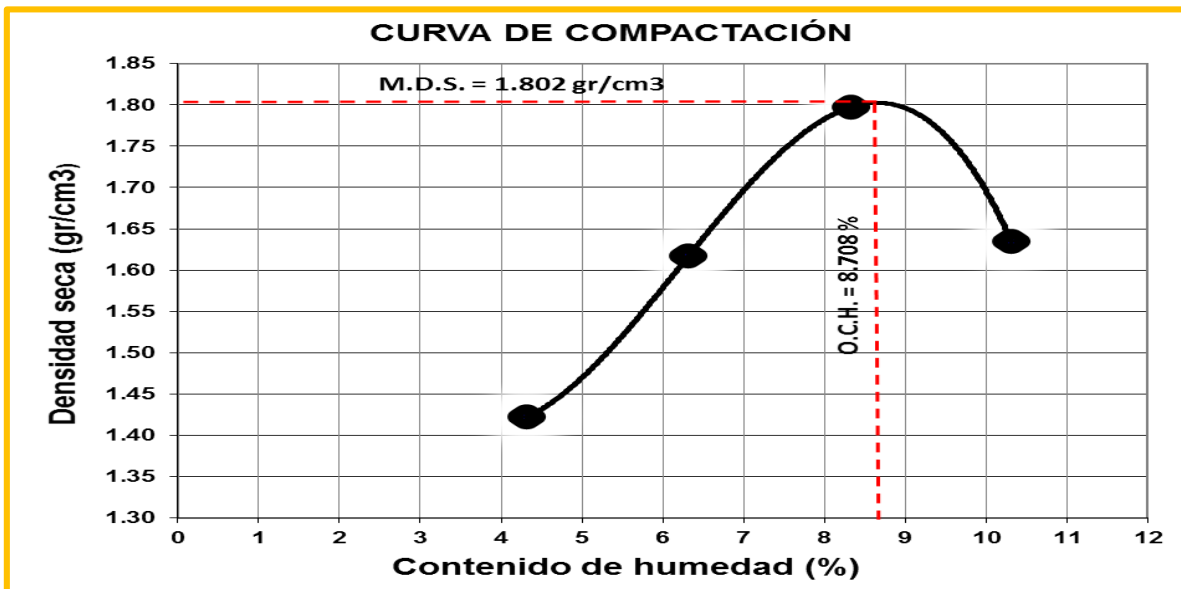


Figura 20. Curva de compactación del suelo (C-01) con 10% de CCA

**Tabla 41. Proctor modificado del suelo (C-01) con 20% de CCA**

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO) ASTM-D1557</b>					
MOLDE N° 01	Volumen de molde(cc) : 943.47	Tipo de Molde: 4"	Temperatura Secado (°C): 110		
CAPAS N° 05	Golpes (N°) : 25	Peso de Molde (gr.): 2085.2	Método : A		
<b>PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>					
PRUEBA	N°	1	2	3	4
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	943.47	943.47	943.47	943.47
PESO SUELO + MOLDE	gr	3534.5	3847.3	3995.9	3834.7
PESO MOLDE	gr	2085.2	2085.2	2085.2	2085.2
PESO SUELO COMPACTADO	gr	1449.3	1762.1	1910.7	1749.5
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm3	<b>1.54</b>	<b>1.87</b>	<b>2.03</b>	<b>1.85</b>
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
RECIPIENTE	N°	1	2	3	4
P. MUESTRA H. + TARA	gr	76.54	85.38	68.71	79.60
P. MUESTRA S. + TARA	gr	74.37	81.86	65.86	74.59
PESO DE TARA	gr	31.05	32.12	34.23	33.06
PESO DE AGUA	gr	2.17	3.52	2.85	5.01
PESO MUESTRA SECA	gr	43.32	49.74	31.63	41.53
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	<b>5.009</b>	<b>7.077</b>	<b>9.010</b>	<b>12.064</b>
DENSIDAD SECA	gr/cm3	<b>1.463</b>	<b>1.744</b>	<b>1.858</b>	<b>1.655</b>
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)		<b>1.859</b>			
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		<b>9.567</b>			

Fuente: elaboración propia

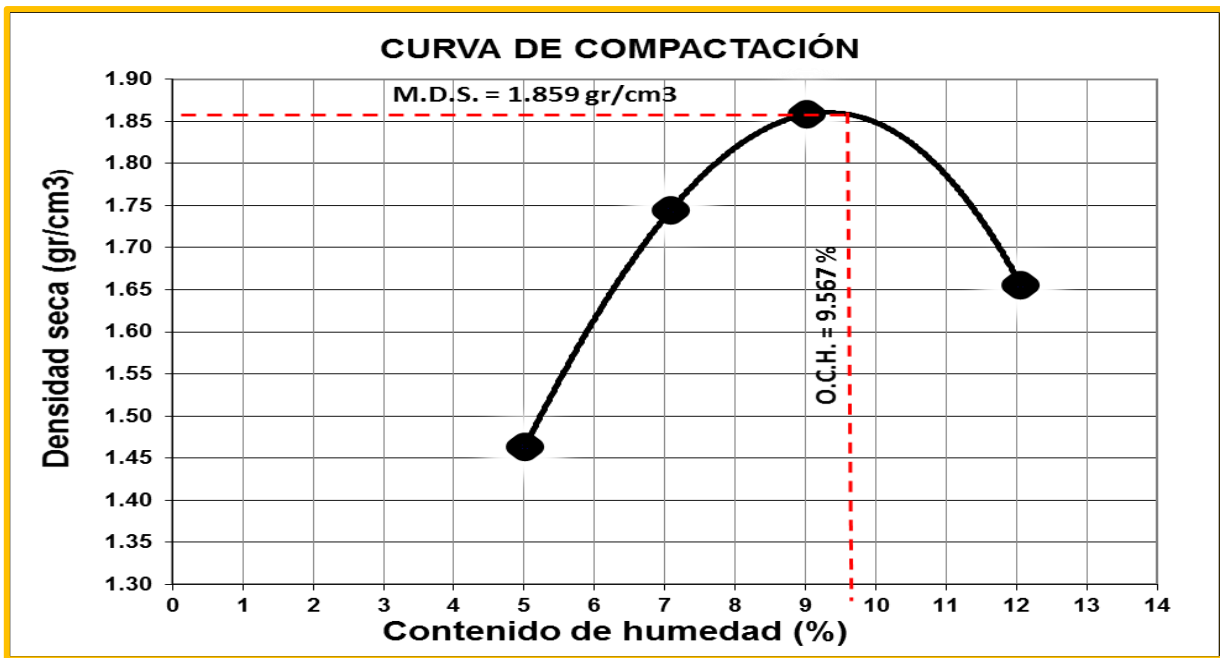


Figura 21. Curva de compactación del suelo (C-01) con 20% de CCA

**Tabla 42. Proctor modificado del suelo (C-01) con 30% de CCA**

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO) ASTM-D1557</b>					
MOLDE N° 01	Volumen de molde(cc) : 943.47	Tipo de Molde: 4"	Temperatura Secado (°C): 110		
CAPAS N° 05	Golpes (N°): 25	Peso de Molde (gr.): 2085.2	Método : A		
<b>PROCESO DE COMPACTACION</b>					
PRUEBA	N°	1	2	3	4
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	943.47	943.47	943.47	943.47
PESO SUELO + MOLDE	gr	3434.5	3658.3	3875.9	3745.7
PESO MOLDE	gr	2085.2	2085.2	2085.2	2085.2
PESO SUELO COMPACTADO	gr	1349.3	1573.1	1790.7	1660.5
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm3	<b>1.43</b>	<b>1.67</b>	<b>1.90</b>	<b>1.76</b>
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
RECIPIENTE	N°	1	2	3	4
P. MUESTRA H. + TARA	gr	112.06	113.08	112.04	102.30
P. MUESTRA S. + TARA	gr	108.57	107.98	105.58	95.36
PESO DE TARA	gr	25.03	24.56	24.33	25.68
PESO DE AGUA	gr	3.49	5.10	6.46	6.94
PESO MUESTRA SECA	gr	83.54	83.42	81.25	69.68
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	<b>4.178</b>	<b>6.114</b>	<b>7.951</b>	<b>9.960</b>
DENSIDAD SECA	gr/cm3	<b>1.373</b>	<b>1.571</b>	<b>1.758</b>	<b>1.601</b>
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)		<b>1.776</b>			
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		<b>8.321</b>			

Fuente: elaboración propia

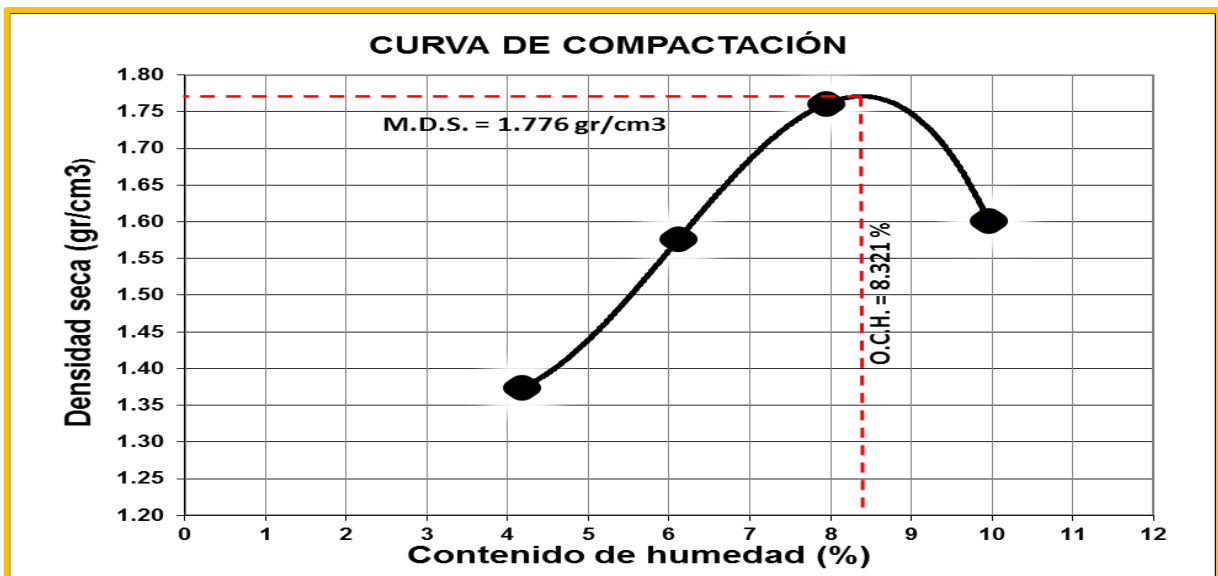


Figura 22. Curva de compactación del suelo (C-01) con 30% de CCA

### 3.3.1.4.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

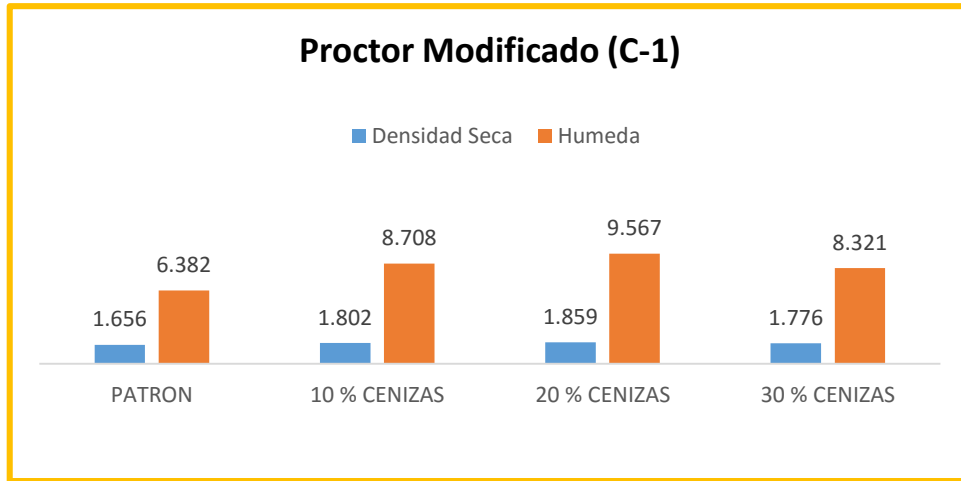


Figura 23. Resultados del proctor modificado de la calicata (C-01)

#### DESCRIPCION:

En el Proctor modificado para la C-1 tomaremos como referencia la muestra patrón con su mejor densidad de 1.656 gr/cm<sup>3</sup> con una humedad de 6.382 % de la muestra utilizada en el molde del proctor modificado. De acuerdo a ello en esta distribución también destacaremos la mejor densidad seca obtenida con el óptimo contenido de humedad de cada adición de C.C.A. El que prepondera es al 20% con 1.859gr/cm<sup>3</sup> con un contenido de humedad de 9.567% de la muestra utilizada en el molde del proctor modificado. Seguido por la adición del 10% de C.C.A con 1.802 gr/cm<sup>3</sup> con un contenido de humedad de 8.708 % de la muestra utilizada en el molde del proctor modificado. Por último la adición del 30% de C.C.A con 1.776 gr/cm<sup>3</sup> con un contenido de humedad de 8.321% de la muestra utilizada en el molde del proctor modificado.

#### INTERPRETACIÓN:

Con el ensayo de proctor modificado se logró demostrar que el suelo de nuestra zona de estudio con adición y sin adición de cenizas de caña de azúcar, se ha logrado obtener mediante porcentajes de agua, un balance de óptima humedad para dar como resultado una mejor compactación, el cual se eligió a través de una curva encontrando su máxima densidad seca, teniendo como mejor resultado de la adición al 20% de cenizas de caña de azúcar con 9.567% de agua alcanzando una densidad seca de 1.859 gr/cm<sup>3</sup>.

### 3.3.1.5. CBR

#### 3.3.1.5.1. PROCEDIMIENTO Y CALCULOS

El ensayo de CBR se desarrolló de acuerdo a la norma NTP 339.145, la ejecución de este ensayo se realizó a la muestra patrón de la calicata uno y luego con la mezcla suelo-cenizas para la muestra de la calicata 1, por lo especificado anteriormente

Debido a que en la carretera en estudio encontramos suelos que contienen arcilla y teniendo en cuenta que a ello les afecta la humedad de compactación y la densidad obtenida, el ensayo de penetración se realizó luego que este haya sido saturado por 4 días, este ensayo se desarrolló en 3 partes las cuales son mencionadas a continuación

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR, para la ejecución de este ensayo se hizo uso del molde de 6" de diámetro con un pisón de 10lb, la muestra previamente secada lo pasamos a mezclar con el óptimo contenido de humedad del proctor para luego dividirla en 5 porciones iguales, la primera capa se agrega al molde y esta es compactada con el pisón por medio de 56 golpes, así sucesivamente con las demás capas. Este proceso se repetirá para ensayos con 25 golpes y 10 golpes, con la misma cantidad de capas a compactar y el mismo óptimo contenido de humedad.

Luego de ese proceso se pasó a medir la expansión por medio del Ensayo de hinchamiento para la ejecución de este ensayo se pasó a sumergir por 96 horas dichos moldes en un depósito y controladas cada 24 horas tomando lectura en un extensómetro para ver el hinchamiento de cada muestra compactada las de 56 golpes, 25 golpes y 10 golpes.

Finalmente se retira los moldes del balde para realizar el Ensayo de carga - penetración en la máquina del CBR y así poder medir su resistencia, luego de obtener esos datos, los moldes son retirados para extraer una porción del medio de cada muestra para medir su contenido de humedad saturada. Posterior a ellos es la obtención de resultados a base de los siguientes cálculos:

- Primero se calculó la densidad húmeda (% phum)

$$\% \text{ phum} = \frac{\text{Peso de la muestra humedad}}{\text{volumen del molde}} \times 100$$

- Segundo se calculó el contenido de humedad (%W)

$$\% W = \frac{(P. \text{ del suelo humedo + tara}) - (P. \text{ del suelo seco + tara})}{(P. \text{ del suelo seco + tara}) - (Tara)} \times 100$$

- Tercero se hizo cálculo de la densidad seca ( $\rho_s$ )

$$\% \rho_s = \frac{\text{Densidad Humeda (} \rho_{hum} \text{)}}{1 + (\text{Contenido de humedad (} W \text{)}/100)}$$

- Cuarto se midió la expansión de cada muestra compactada

$$\% E = \frac{\text{Expansión}}{H \text{ (altura de la muestra)}} \times 100$$

- Finalmente se calculó el CBR

$$\text{CBR} = \frac{\text{Carga Unitaria del Ensayo}}{\text{Carga Unitaria Patron}} \times 100$$



### 3.3.1.5.2. DIAGRAMAS TABLAS ESTADÍSTICAS

**Tabla 43.** Ensayo de relación de soporte (CBR) del suelo CL (C-01)

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA			
MOLDE N°	1	2	3
N° DE CAPAS	5	5	5
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
MUESTRA	SIN SATURAR	SIN SATURAR	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	2323.00	2323.00	2323.00
PESO DE MOLDE	5102.90	4148.10	5091.80
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	9486.80	8410.10	9289.90
PESO DEL SUELO HUMEDO	4383.90	4262.00	4198.10
DENSIDAD HUMEDA	1.89	1.83	1.81
RECIPIENTE N°	A	B	C
PESO DE RECIPIENTE	27.13	26.19	26.84
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	107.89	118.66	106.34
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	99.80	107.04	94.80
PESO DE AGUA	8.09	11.62	11.54
PESO DE SUELO SECO	72.67	80.85	67.96
CONTENIDO DE HUMEDAD	11.13	14.37	16.98
DENSIDAD SECA	<b>1.70</b>	<b>1.60</b>	<b>1.54</b>

DETERMINACIÓN DE LA EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO (hrs)	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANSIÓN mm.	%	DIAL	EXPANSIÓN mm	%	DIAL	EXPANSIÓN mm.	%
17/09/2018	12:00 pm	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
20/09/2018	12:00 pm	96	51	1.295	<b>1.02</b>	62	1.575	<b>1.25</b>	73	1.854	<b>1.47</b>

Fuente: elaboración propia

C.B.R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO						
PENETRACIÓN (pulg.)	56 GOLPES		25 GOLPES		10 GOLPES	
	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/pulg2)	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/pulg2)	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/pulg2)
0.025	97.1	32.3	42.8	14.2	14.7	4.9
0.050	130.6	43.4	85.8	28.5	38.4	12.8
0.075	188.5	62.6	135.1	44.9	86.8	28.8
0.100	220.4	<b>73.2</b>	175.6	<b>58.3</b>	118.1	<b>39.2</b>
0.150	275.6	91.6	214.8	71.4	133.5	44.4
0.200	305.7	<b>101.6</b>	245.3	<b>81.5</b>	159.4	<b>53.0</b>
0.250	401.5	133.4	285.7	94.9	208.8	69.4
0.300	430.6	143.1	325.8	108.2	224.2	74.5

Fuente: elaboración propia

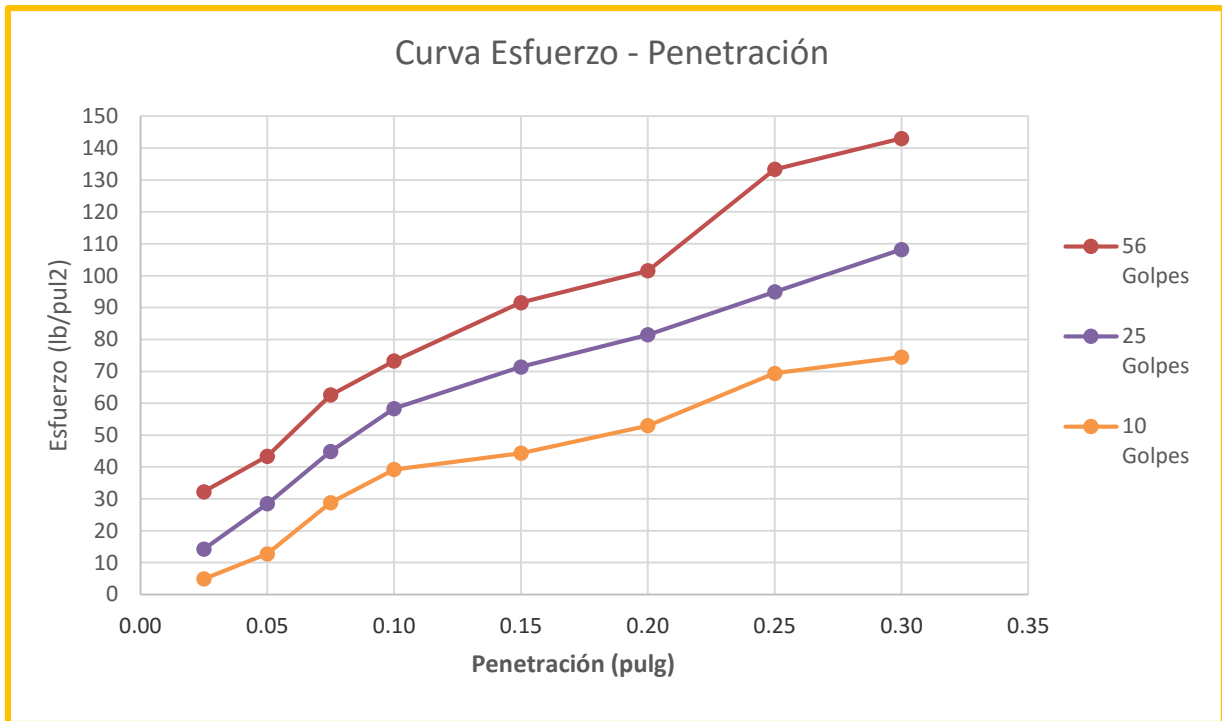


Figura 24. Curva esfuerzo-penetración del suelo (C-01)

**Tabla 44.** Esfuerzo real y patrón del suelo natural CL (C-01)

MOLDE	56 Golpes		25 Golpes		10 Golpes	
Penetración	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"
Esfuerzo Real (lb/pulg2)	73.2	101.6	58.3	81.5	39.2	53.0
Esfuerzo Patrón (lb/pulg2)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
C.B.R. (%)	7.32	6.77	5.83	5.43	3.92	3.53

MOLDE	56 Golpes		25 Golpes		10 Golpes	
Penetración (pulg)	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"
C.B.R. (%)	7.32	6.77	5.83	5.43	3.92	3.53
Densidad Seca (gr/cm3)	1.70		1.60		1.54	

Molde	Penetración a 0,1"		Penetración a 0,2"	
	CBR (%)	DS (gr/cm3)	CBR (%)	DS (gr/cm3)
56 Golpes	7.32	1.70	6.77	1.70
25 Golpes	5.83	1.60	5.43	1.60
10 Golpes	3.92	1.54	3.53	1.54

Fuente: elaboración propia

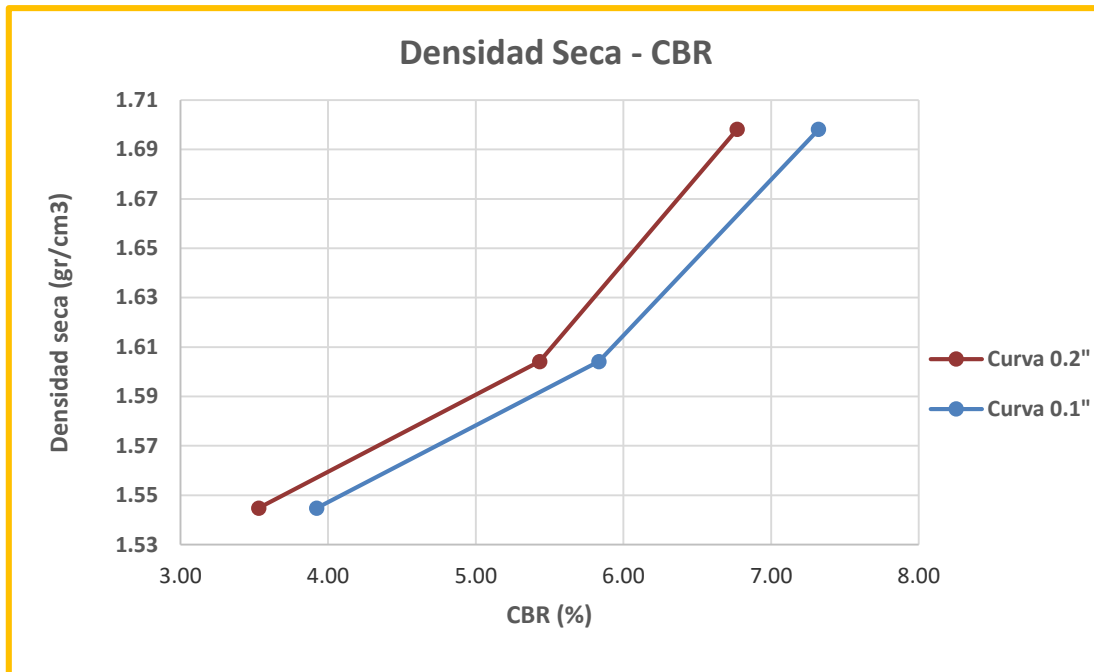


Figura 25. Densidad seca-CBR del suelo natural (C-01)

**Tabla 45.** CBR a 95 y 100% de la M.D.S del suelo CL (C-01)

		CBR 0,1"	CBR 0,2"
Max. Ds. 100%	1.656	<b>6.67%</b>	<b>6.16%</b>
95% Max. Ds.	1.573	<b>4.81%</b>	<b>4.46%</b>
<b>CBR DISEÑO</b>		<b>4.81%</b>	

Fuente: elaboración propia

**Tabla 46.** Ensayo de Relación de Soporte (CBR) del suelo (C-01) con 10% de cenizas

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA			
MOLDE N°	1	2	3
N° DE CAPAS	5	5	5
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
MUESTRA	SIN SATURAR	SIN SATURAR	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	2323.00	2323.00	2323.00
PESO DE MOLDE	5103.60	4152.20	5093.70
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	9646.30	8548.70	9414.70
PESO DEL SUELO HUMEDO	4542.70	4396.50	4321.00
DENSIDAD HUMEDA	1.96	1.89	1.86
RECIPIENTE N°	A	B	C
PESO DE RECIPIENTE	13.33	15.20	13.03
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	74.16	62.02	62.13
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	71.21	58.54	57.46
PESO DE AGUA	2.95	3.48	4.67
PESO DE SUELO SECO	57.88	43.34	44.43
CONTENIDO DE HUMEDAD	5.10	8.03	10.51
DENSIDAD SECA	<b>1.86</b>	<b>1.75</b>	<b>1.68</b>

DETERMINACION DE LA EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO (hrs)	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
21/09/2018	12:00 p.m.	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.0
24/09/2018	12:00 p.m.	96	18	0.457	<b>0.36</b>	23	0.584	<b>0.46</b>	27	0.686	<b>0.54</b>

C.B.R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO						
PENETRACIÓN (pulg.)	56 GOLPES		25 GOLPES		10 GOLPES	
	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/pulg2)	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/pulg2)	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/pulg2)
0.025	115.3	38.3	90.1	29.9	70.3	23.4
0.050	146.9	48.8	123.5	41.0	96.1	31.9
0.075	240.4	79.9	210.2	69.8	175.2	58.2
0.100	410.8	<b>136.5</b>	370.3	<b>123.0</b>	336.5	<b>111.8</b>
0.150	470.6	156.3	405.7	134.8	370.8	123.2
0.200	557.4	<b>185.2</b>	498.5	<b>165.6</b>	451.9	<b>150.1</b>
0.250	582.3	193.5	535.7	178.0	465.6	154.7
0.300	606.7	201.6	568.6	188.9	502.3	166.9

Fuente: elaboración propia

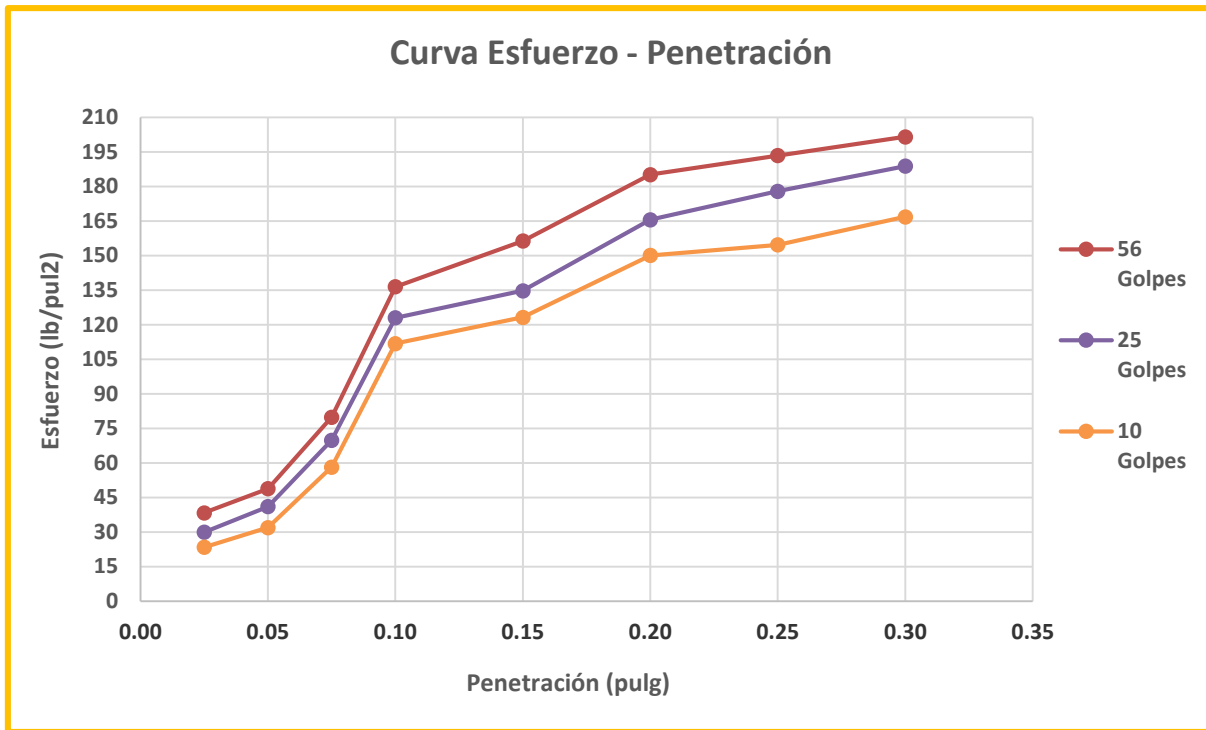


Figura 26. Curva esfuerzo-penetración del suelo (C-01) con 10% de CCA

**Tabla 47.** Esfuerzo real y patrón del suelo (C-01) con adición del 10% de cenizas

<b>MOLDE</b>	<b>56 Golpes</b>		<b>25 Golpes</b>		<b>10 Golpes</b>	
Penetración	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"
Esfuerzo Real (lb/pulg2)	136.5	185.2	123.0	165.6	111.8	150.1
Esfuerzo Patrón (lb/pulg2)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
C.B.R. (%)	13.65	12.35	12.30	11.04	11.18	10.01
<b>MOLDE</b>	<b>56 Golpes</b>		<b>25 Golpes</b>		<b>10 Golpes</b>	
Penetración (pulg)	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"
C.B.R. (%)	13.65	12.35	12.30	11.04	11.18	10.01
Densidad Seca (gr/cm3)	1.86		1.75		1.68	
	<b>Penetración a 0,1"</b>			<b>Penetración a 0,2"</b>		
	Molde	CBR (%)	DS (gr/cm3)	CBR (%)	DS (gr/cm3)	
	56 Golpes	13.65	1.86	12.35	1.86	
	25 Golpes	12.30	1.75	11.04	1.75	
	10 Golpes	11.18	1.68	10.01	1.68	

Fuente: elaboración propia

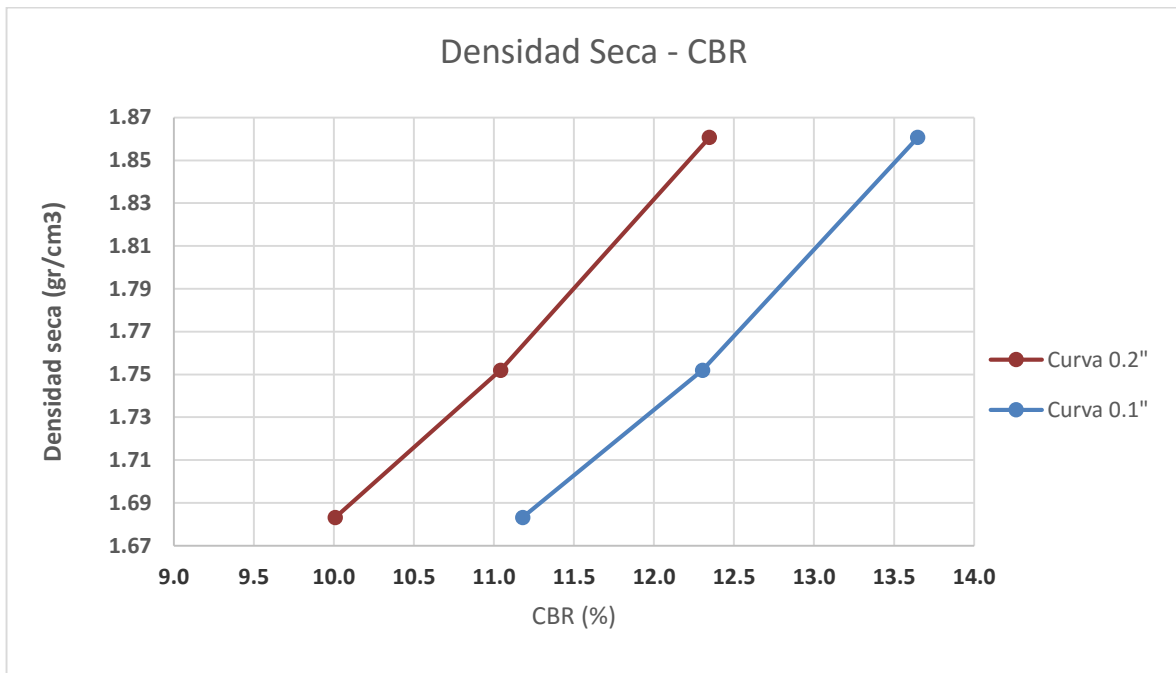


Figura 27. Densidad seca-CBR del suelo (C-01) con 10% CCA

**Tabla 48.** CBR a 95 y 100% de la M.D.S del suelo (C-01) con 10% de CCA

		CBR 0,1"	CBR 0,2"
Max. Ds. 100%	1.802	<b>12.93%</b>	<b>11.64%</b>
95% Max. Ds.	1.712	<b>11.56%</b>	<b>10.45%</b>
<b>CBR DISEÑO</b>		<b>11.56%</b>	

Fuente: elaboración propia

**Tabla 49.** Ensayo de Relación de Soporte (CBR) del suelo (C-01) con 20% de cenizas

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA			
MOLDE N°	1	2	3
N° DE CAPAS	5	5	5
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
MUESTRA	SIN SATURAR	SIN SATURAR	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	2323.00	2323.00	2323.00
PESO DE MOLDE	5105.80	4158.60	5093.70
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	9723.20	8621.10	9486.10
PESO DEL SUELO HUMEDO	4617.40	4462.50	4392.40
DENSIDAD HUMEDA	1.99	1.92	1.89
RECIPIENTE N°	A	B	C
PESO DE RECIPIENTE	14.52	16.30	14.23
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	75.17	63.15	65.16
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	72.89	61.31	61.35
PESO DE AGUA	2.28	1.84	3.81
PESO DE SUELO SECO	58.37	45.01	47.12
CONTENIDO DE HUMEDAD	3.91	4.09	8.09
DENSIDAD SECA	<b>1.91</b>	<b>1.85</b>	<b>1.75</b>

DETERMINACION DE LA EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO (hrs)	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANSIÓN mm.	EXPANSIÓN %	DIAL	EXPANSIÓN mm.	EXPANSIÓN %	DIAL	EXPANSIÓN mm.	EXPANSIÓN %
24/09/2018	12:00 p.m.	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.0
27/09/2018	12:00 p.m.	96	4	0.102	<b>0.08</b>	9	0.229	<b>0.18</b>	12	0.305	<b>0.24</b>

C.B.R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO							
PENETRACIÓN (pulg.)	56 GOLPES		25 GOLPES		10 GOLPES		
	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/pulg2)	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/pulg2)	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/pulg2)	
0.025	305.7	101.6	185.3	61.6	140.3	46.6	
0.050	380.6	126.4	285.6	94.9	235.1	78.1	
0.075	460.4	153.0	376.2	125.0	320.6	106.5	
0.100	572.7	<b>190.3</b>	493.9	<b>164.1</b>	448.2	<b>148.9</b>	
0.150	695.1	230.9	577.3	191.8	506.8	168.4	
0.200	776.5	<b>258.0</b>	686.2	<b>228.0</b>	618.6	<b>205.5</b>	
0.250	868.8	288.6	775.3	257.6	668.9	222.2	
0.300	892.8	296.6	835.4	277.5	747.5	248.3	

Fuente: elaboración propia

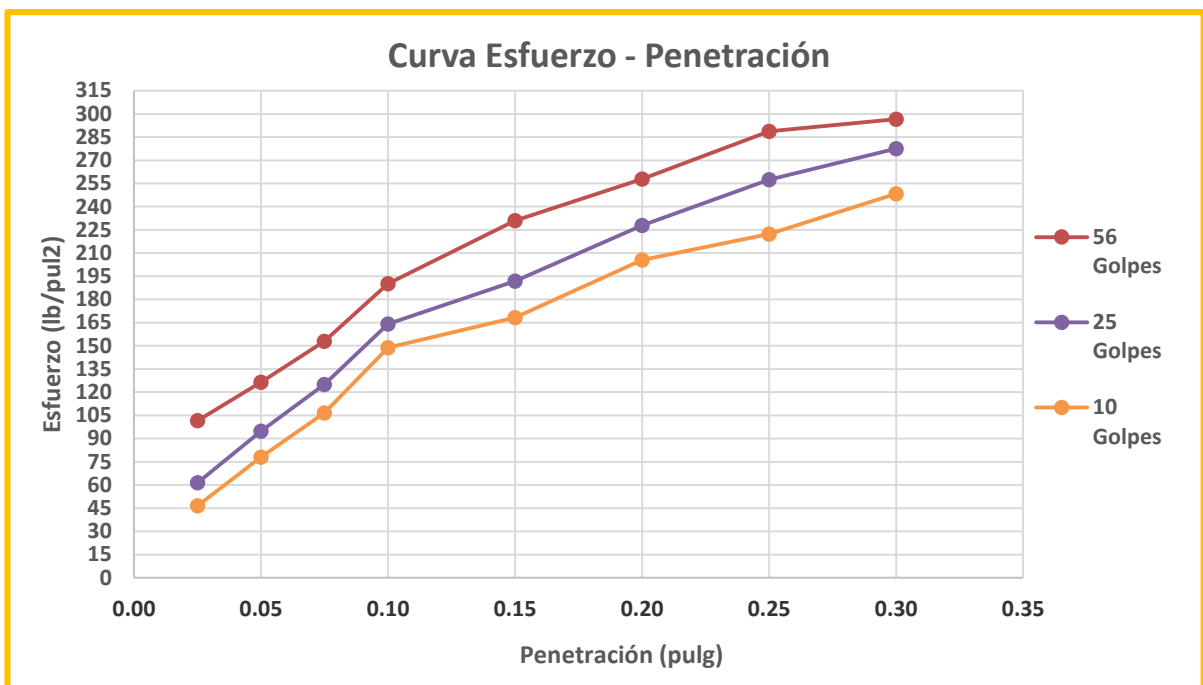


Figura 28. Curva esfuerzo-penetración del suelo (C-01) con 20% de CCA

**Tabla 50.** Esfuerzo real y patrón del suelo (C-01) con adición del 20% de cenizas

MOLDE	56 Golpes		25 Golpes		10 Golpes	
Penetración	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"
Esfuerzo Real (lb/pulg2)	190.3	258.0	164.1	228.0	148.9	205.5
Esfuerzo Patrón (lb/pulg2)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
C.B.R. (%)	19.03	17.20	16.41	15.20	14.89	13.70
MOLDE	56 Golpes		25 Golpes		10 Golpes	
Penetración (pulg)	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"
C.B.R. (%)	19.03	17.20	16.41	15.20	14.89	13.70
Densidad Seca (gr/cm3)	1.91		1.85		1.75	
	Penetración a 0,1"			Penetración a 0,2"		
Molde	C.B.R. (%)	DS (gr/cm3)	C.B.R. (%)	DS (gr/cm3)		
56 Golpes	19.03	1.91	17.20	1.91		
25 Golpes	16.41	1.85	15.20	1.85		
10 Golpes	14.89	1.75	13.70	1.75		

Fuente: elaboración propia



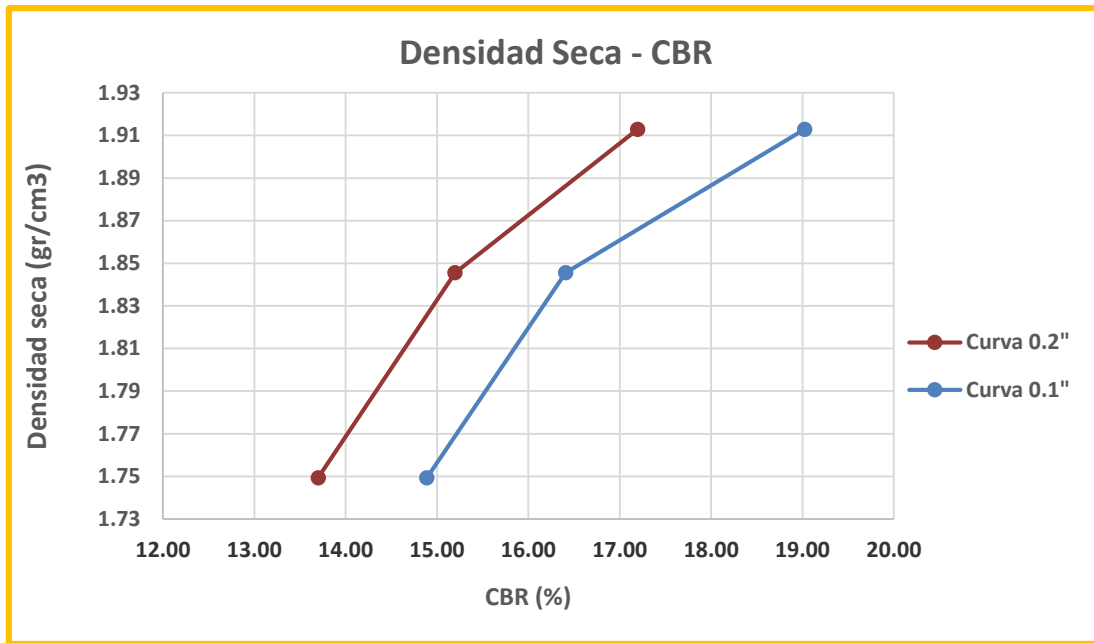


Figura 29. Densidad seca- CBR del suelo (C-01) con 20% de CCA

**Tabla 51.** CBR a 95 y 100% de la M.D.S del suelo (C-01) con 20% de CCA

		CBR 0,1''	CBR 0,2''
Max. Ds. 100%	1.859	<b>16.97%</b>	<b>15.73%</b>
95% Max. Ds.	1.766	<b>15.18%</b>	<b>13.92%</b>
<b>CBR DISEÑO</b>		<b>15.18%</b>	

Fuente: elaboración propia

**Tabla 52. Ensayo de Relación de Soporte (CBR) del suelo (C-01) con 30% de Cenizas**

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA			
MOLDE N°	1	2	3
N° DE CAPAS	5	5	5
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
MUESTRA	SIN SATURAR	SIN SATURAR	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	2323.00	2323.00	2323.00
PESO DE MOLDE	5101.80	4157.60	5098.30
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	9586.10	8495.60	9364.05
PESO DEL SUELO HUMEDO	4484.30	4338.00	4265.75
DENSIDAD HUMEDA	1.93	1.87	1.84
RECIPIENTE N°	A	B	C
PESO DE RECIPIENTE	12.13	11.22	14.03
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	76.12	64.23	65.43
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	73.11	60.97	60.76
PESO DE AGUA	3.01	3.26	4.67
PESO DE SUELO SECO	60.98	49.75	46.73
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.94	6.55	9.99
DENSIDAD SECA	<b>1.84</b>	<b>1.75</b>	<b>1.67</b>

DETERMINACION DE LA EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO (hrs)	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANSIÓN mm.	%	DIAL	EXPANSIÓN mm.	%	DIAL	EXPANSIÓN mm.	%
24/09/2018	12:00 p.m.	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.0
27/09/2018	01:00 p.m.	96	21	0.533	<b>0.42</b>	25	0.635	<b>0.50</b>	30	0.762	<b>0.60</b>

C.B.R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO						
PENETRACIÓN (pulg.)	56 GOLPES		25 GOLPES		10 GOLPES	
	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/pulg <sup>2</sup> )	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/pulg <sup>2</sup> )	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/pulg <sup>2</sup> )
0.025	82.3	27.3	63.5	21.1	43.2	14.4
0.050	126.9	42.2	97.4	32.4	76.1	25.3
0.075	210.4	69.9	189.7	63.0	152.3	50.6
0.100	372.3	<b>123.7</b>	335.3	<b>111.4</b>	306.8	<b>101.9</b>
0.150	440.2	146.2	378.6	125.8	340.4	113.1
0.200	513.4	<b>170.6</b>	467.8	<b>155.4</b>	418.7	<b>139.1</b>
0.250	542.3	180.2	496.2	164.9	441.3	146.6
0.300	595.3	197.8	535.7	178.0	489.2	162.5

Fuente: elaboración propia

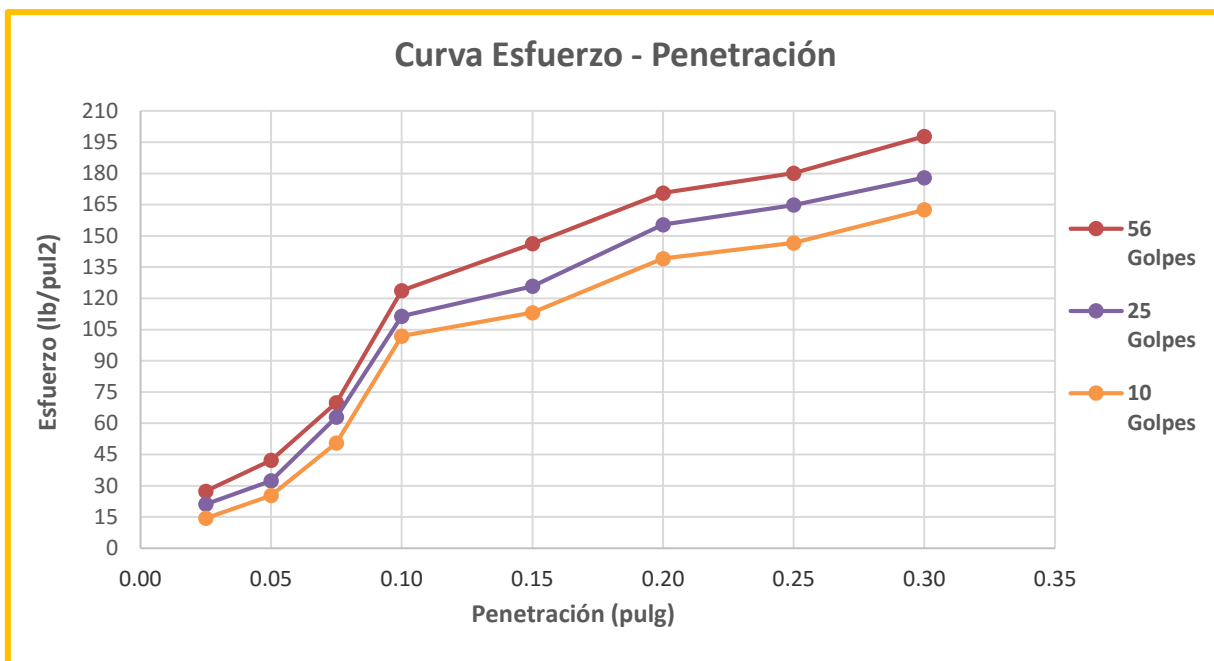


Figura 30. Curva esfuerzo-penetración del suelo (C-01) con 30% de CCA

**Tabla 53.** Esfuerzo real y patrón del suelo (C-01) con adición del 30% de cenizas

<b>MOLDE</b>	<b>56 Golpes</b>		<b>25 Golpes</b>		<b>10 Golpes</b>	
Penetración	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"
Esfuerzo Real (lb/pulg2)	123.7	170.6	111.4	155.4	101.9	139.1
Esfuerzo Patrón (lb/pulg2)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
C.B.R. (%)	12.37	11.37	11.14	10.36	10.19	9.27
<b>MOLDE</b>	<b>56 Golpes</b>		<b>25 Golpes</b>		<b>10 Golpes</b>	
Penetración (pulg)	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"
C.B.R. (%)	12.37	11.37	11.14	10.36	10.19	9.27
Densidad Seca (gr/cm3)	1.84		1.75		1.67	
	<b>Penetración a 0,1"</b>			<b>Penetración a 0,2"</b>		
	Molde	CBR (%)	DS (gr/cm3)	CBR (%)	DS (gr/cm3)	
	56 Golpes	12.37	1.84	11.37	1.84	
	25 Golpes	11.14	1.75	10.36	1.75	
	10 Golpes	10.19	1.67	9.27	1.67	

Fuente: elaboración propia

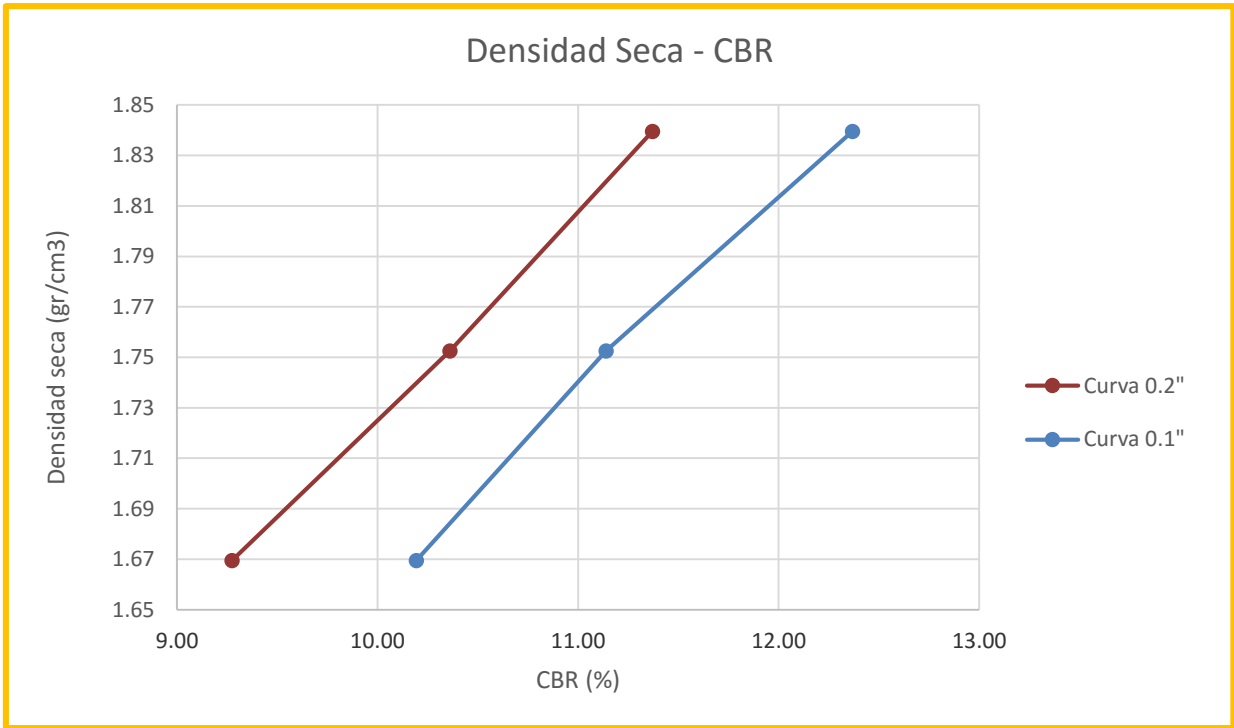


Figura 31. Densidad seca-CBR del suelo (C-01) con 30% de CCA

**Tabla 54.** CBR a 95 y 100% de la M.D.S del suelo (C-01) con 30% de CCA

		CBR 0,1"	CBR 0,2"
Max. Ds. 100%	1,776	<b>11,49%</b>	<b>10,68%</b>
95% Max. Ds.	1,687	<b>10,42%</b>	<b>9,53%</b>
<b>CBR DISEÑO</b>		<b>10,42%</b>	

Fuente: elaboración propia

### 3.3.1.5.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

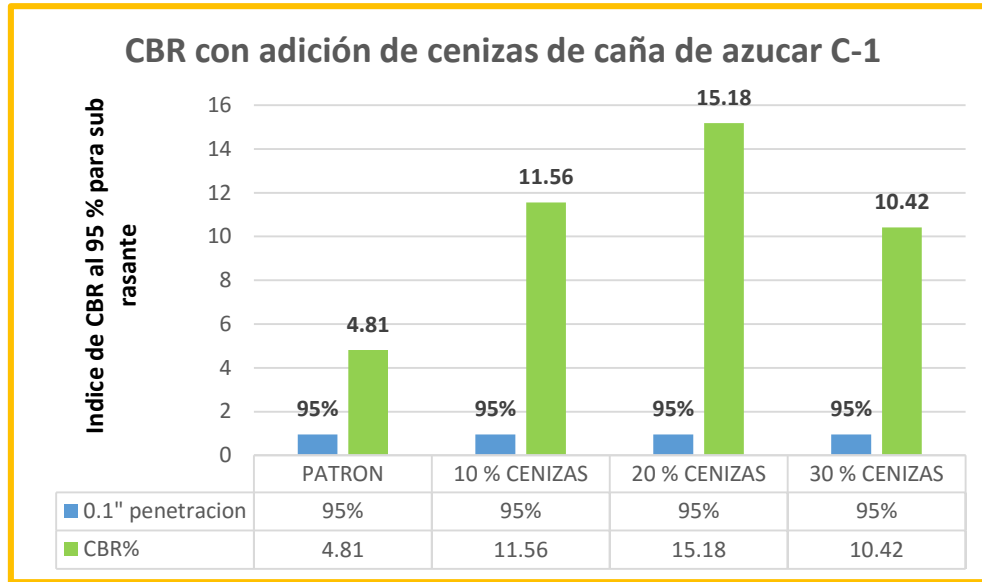


Figura 32. CBR calicata 1

**DESCRIPCIÓN:** En el ensayo de california Bearing ratio para la calicata 1 tomaremos como referencia los resultados de la muestra patrón.

La muestra Patrón con su mejor densidad seca de 1.656 gr/cm<sup>3</sup> con una Humedad de 6.382 % de la muestra utilizada en el molde del proctor modificado y luego de saturarlo y medir su resistencia con una penetración correlacional al 0.1” con una lectura al 95% de CBR para la sub rasante nos arrojó un resultado de 4.81%.

Destacaremos el mejor índice de CBR que arroja con la adición de C.C.A. El que predomina es al 20 % con 1.859 gr/cm<sup>3</sup> con un contenido de humedad de 9.567 % de la muestra utilizada en el molde del proctor modificado y luego de saturarlo y medir su resistencia con una penetración correlacional al 0.1” con una lectura al 95% de CBR para la sub rasante nos arrojó un resultado de 15.18%.

La muestra con adición del 10% de C.C.A con 1.802 gr/cm<sup>3</sup> con un contenido de humedad de 8.708 % de la muestra utilizada en el molde del proctor modificado y luego de saturarlo y medir su resistencia con una penetración correlacional al 0.1” con una lectura al 95% de CBR para la sub rasante nos arrojó un resultado de 11.56 %.

Por último la adición del 30% de C.C.A con 1.776 gr/cm<sup>3</sup> con un contenido de humedad de 8.321 % de la muestra utilizada en el molde del proctor modificado y luego de saturarlo y medir su resistencia con una penetración correlacional al 0.1” con una lectura al 95% de CBR para la sub rasante nos arrojó un resultado de 10.42 %.

**INTERPRETACIÓN:** El ensayo de CBR es para definir si el suelo es bueno o malo para ser utilizado como carpeta de rodadura cumpliendo los requerimientos de la norma del ministerio de transportes y comunicaciones E-101, los ensayos de CBR obtenidos en esta investigación dio como resultado que el patrón arrojara un CBR al 4.81% es una sub rasante malo y nos damos cuenta que sigue aumentando la resistencia adicionándole el 10% de cenizas de caña de azúcar donde el porcentaje de CBR alcanza un 11.56%. En la adición del 20% de cenizas de caña de azúcar logro un 15.18% de CBR siendo el predominante, después de ello al adicionarle 30% de cenizas de caña de azúcar el material sufre descompensación y ya comienza a variar el modulo alcanzando un 10.42% de CBR.

### 3.4. RESUMEN FINAL DE LOS ENSAYOS REALIZADOS A CADA CALICATA

**Tabla 55.** Resumen de resultados de ensayos de la C-01 (M-01)

<b>RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADO EN LA C-01</b>			
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>			
Grava	1.5 %		
Arena	35.4%		
Arcilla o Limo	63.1%		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			
% C.H.	17.4%		
<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>			
	Natural	Estabilizado	
Límite Líquido	18.19	10.56	
Límite Plástico	2.08	0.83	
Índice de Plasticidad	16.11	9.73	
<b>CLASIFICACION DE SUELOS</b>			
Método SUCS	CL		
Método AASHTO	A-6(9)		
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN</b>			
	Natural	Estabilizado	
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.656	1.859	
Optimo Contenido de Humedad (%)	6.382	9.567	
<b>RELACIÓN DE SOPORTE CBR</b>			
	Expansión (%)	% CBR (95%)	% CBR (100%)
Natural	1.47	4.57	6.53
Estabilizado	0.24	15.18	16.97

Fuente: elaboración propia

**Tabla 56.** Resumen de resultados de ensayos de la C-02 (M-01) natural

<b>RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADO EN LA C-02</b>	
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>	
Grava	2.0 %
Arena	36.6 %
Arcilla o Limo	61.4 %
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	
% C.H.	16.69 %
<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
Límite Líquido	15.94 %
Límite Plástico	3.77 %
Índice de Plasticidad	12.17 %
<b>CLASIFICACION DE SUELOS</b>	
Método SUCS	CL
Método AASHTO	A-6(9)

Fuente: elaboración propia

**Tabla 57.** Resumen de resultados de ensayos de la C-03 (M-01) natural

<b>RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADO EN LA C-03</b>	
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>	
Grava	2.4 %
Arena	37.7 %
Arcilla o Limo	59.9 %
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	
% DE C.H.	16.22 %
<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>	
Límite Líquido	16.15 %
Límite Plástico	4.45 %
Índice de Plasticidad	11.70 %
<b>CLASIFICACION DE SUELOS</b>	
Método SUCS	CL
Método AASHTO	A-6(9)

Fuente: elaboración propia



### 3.5. CANTIDAD Y COSTO DE CENIZAS REQUERIDA POR ÁREA DEL SUELO

Para determinar la tasa de las cenizas de caña de azúcar en peso por área (m<sup>2</sup>) a adicionar para la mezcla, se calculó con la siguiente formula:

$$\text{Tasa} = \text{Psc} \times \% \text{ de CCA} \times \text{He}$$

Donde:

Psc= Máxima densidad seca del suelo compactado (KG/M<sup>3</sup>)

% de CCA= porcentaje de adición de cenizas de caña de azúcar

He= Profundidad de la estabilización (m)

**Tabla 58.** Cantidad de ceniza por área para un suelo CL

CANTIDAD DE CENIZAS POR AREA PARA UN SUELO CL					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	M.D.S COMPACTADA (KG/M <sup>3</sup> )	ESPESOR DE CAPA A ESTABILIZAR (m)	% ÓPTIMO DE ADICIÓN DE CCA	TOTAL
ESTABILIZACIÓN CON CCA	KG /M <sup>2</sup>	1859	0.15	0.09567	26.68

Fuente: elaboración propia

**Tabla 59.** Costo estimado de estabilización del suelo CL con CCA para un espesor de 0.15 m

DESCRIPCIÓN	TIPO DE SUELO	CANTIDAD (Kg/m <sup>2</sup> )	PRECIO UNITARIO DE LA CENIZA X (Kg)	TOTAL
				PRECIO S/ POR M <sup>2</sup>
ESTABILIZACIÓN CON CENIZAS	CL	26.68	0.50	13.34

Fuente: elaboración propia

#### IV. DISCUSIÓN

1. En la investigación que realizó Cañar Tiviano Edwin Santiago, 2017, concluyó que la adición de cenizas de carbón influye de manera considerable en las propiedades mecánicas y físicas de los suelos expansivos, y de la misma manera, Carolina Alejandra Pérez Collantes, 2014 en su tesis Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como sub-rasante mejorada, para el mejoramiento de las propiedades del suelo se trabajó las dosificaciones en un 20, 40 y 100% de cenizas de carbón, donde obtuvo que al combinar la ceniza volante en un 20 % con el suelo de tipo arcilla, produce una disminución considerable de la expansión del suelo desde 4.8%, correspondiente a un suelo arcilloso (CH) a una expansión de 1.1%, por lo que reafirma que dichas dosificaciones y resultados tiene semejanza con la presente investigación en el cual se añadió 10, 20 y 30% de cenizas de caña de azúcar al suelo arcilloso del tramo de la carretera Pinar-Marian y que al adicionar el 20% de cenizas de caña de azúcar a la muestra de arcilla se logró disminuir la expansión desde 1.47% a 0.24% el cual es un valor favorable.
2. En la tesis denominada “Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón, 2017”, realizado por el autor Cañar Tiviano Edwin Santiago de nacionalidad Ecuatoriana, este autor realizó los ensayos con dos tipos de suelos: una con un suelo CH (suelo arcilloso) y otra con un suelo SM (suelo arenoso), con el suelo SM concluyó que la ceniza de carbón aumenta la capacidad de soporte y también su contenido de humedad debido a la adición de porcentajes altos como es del 20, 23 y 25% de cenizas de carbón, en la que se logró mejores resultados con la adición del 25% de cenizas de carbón con un valor máximo de CBR igual a 19.60%, siendo así considerado como una sub-rasante de rango bueno, por esta razón se corrobora con esta investigación que la adición de ceniza de caña de azúcar en un 10, 20 y 30% también logró mejorar las propiedades del suelo, los resultados más favorables se obtuvieron al adicionar un 20% de cenizas de caña de azúcar a la muestra de un suelo CL (suelo arcilloso con baja plasticidad), llegando a concluir que el CBR con adición aumentó hasta un 10% consiguiendo un CBR de 15.18%, en el cual MTC califica como una sub-rasante buena.

3. En la investigación que realizaron Delgado López, Carol Ashlly y Mendoza Meléndez, Ivette Anamile, 2017, en el que los autores determinaron las propiedades de suelo patrón de las calicatas, siendo así las propiedades que obtuvieron en la calicata dos son: Contenido de humedad era de 15.6%, límite líquido 34.3%, límite plástico 23.4%, índice de plasticidad 10.9% , además en su ensayo de granulometría obtuvo que el porcentaje que pasaba la malla #200 era de un 86%, por lo que según la clasificación SUCS es un suelo CL (arcilla de baja plasticidad), por lo tanto se realizó una comparación entre el presente estudio con la investigación de Delgado y Mendoza, siendo así en esta investigación se obtuvo valores semejantes como son: el contenido de humedad varía de 16.22% hasta 17,40%, límite líquido de 15.94% hasta 18.19%, límite plástico de 2.08% a 4.45%, índice de plasticidad de 11.70% a 16.11% y en el ensayo de granulometría logró pasar la malla #200 los porcentajes de 59.90% a 63.10 en la cual se clasifico como un suelo CL (arcilla con baja plasticidad) según el método SUCS.
3. En el estudio que realizó Danny Alessandro Carrasco Mejía, 2017, donde realizó los ensayos de proctor modificado con las muestra patrón y con la adición de cenizas de caña de azúcar, obteniendo una densidad seca que varía de 1.66gr/cm<sup>3</sup> a 1.67 gr/cm<sup>3</sup> y con una humedad optima de 7.5 a 8.6% sin adicionar cenizas, sin embargo al realizar la adición de cenizas en porcentajes de 25, 35 y 45% de cenizas se logró mejorar la densidad, el porcentaje de adición de cenizas que prepondera en los resultados fue el 25%, obtuvo su mejor densidad seca que varía de 1.68 gr/cm<sup>3</sup> a 1.89gr/cm<sup>3</sup> con una humedad optima de 7.65 a 9.50%, el cual se corrobora con esta investigación ya que también se procedió realizar el ensayo de proctor modificado sin adicionar y adicionando cenizas de caña de azúcar en los porcentajes de 10,20 y 30 %, a la muestra de la calicata uno, la densidad seca del suelo patrón fue de 1.656gr/cm<sup>3</sup> con una humedad de 6.382%, en el que adicionando cenizas se obtuvo una mejor densidad seca, siendo el porcentaje óptimo de adición el 20% donde logra su mejor densidad seca de 1.859gr/cm<sup>3</sup> con una humedad optima de 9.567%, se logró a tener una mejor compactación al adicionar este material estabilizante.

5. Así mismo Danny Alessandro Carrasco Mejía, 2017, realizó el ensayo de CBR con la muestra patrón y con la adición de cenizas, en la muestra patrón con su mejor densidad seca de 1.67 gr/cm<sup>3</sup> con una humedad de 8.6 % de la muestra utilizada en el molde del proctor modificado, luego de saturarlo y medir su resistencia a una penetración correlacional de 0.1” con una lectura al 95% de CBR para la sub rasante arrojó un resultado de 4.17% el cual se ubica en el rango de sub-rasante inadecuado, pero al realizar la adición de ceniza se logró obtener un porcentaje mayor de CBR, el porcentaje que predomina es al 35% con 1.73 gr/cm<sup>3</sup> con una humedad optima de 5.5% de la muestra utilizada en el molde del proctor modificado, luego de saturarlo y medir su resistencia con una penetración correlacional al 0.1” con una lectura al 95% de CBR para la sub rasante arrojó un resultado de 16.21% esto demostró que la investigación de Danny Alessandro llegue a concretar una ceniza capaz de estabilizar el suelo arcilloso, donde si se compara su estudio con esta tesis es notable la coincidencia, es por ello que se comparó los resultados que brinda, donde se puede decir que en esta investigación también al adicionar cenizas de caña de azúcar logró aumentar la capacidad portante pero con otro porcentaje de adición muy similar ya que la muestra patrón con su mejor densidad seca de 1.656 gr/cm<sup>3</sup> con una Humedad de 6.382% de la muestra utilizada en el molde del proctor modificado, luego de saturarlo y medir su resistencia con una penetración correlacional al 0.1” con una lectura al 95% de CBR para la sub rasante arrojó un resultado de 4.81% el cual es un CBR impropia, los resultados del CBR con adición de ceniza obtiene un mejor índice de capacidad, el porcentaje que prepondera es al 20% con 1.859 gr/cm<sup>3</sup> con una humedad de 9.567% de la muestra utilizada en el molde del proctor modificado, luego de saturarlo y medir su resistencia con una penetración correlacional al 0.1” con una lectura al 95% de CBR para la sub rasante arrojó un resultado de 15.18%, en el que MTC califica como una sub rasante buena.

6. La investigadora Pérez Collantes, Carolina Alejandra, 2014. En su investigación Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada, donde obtiene como resultados en su CBR de suelo patrón un CBR al 100% de la MDS(%) igual a 8.3% y en una primera combinación S90/CV10 su CBR es igual a 13.1%, en la segunda combinación S80/CV20 su CBR es igual 17.3%, y una tercera combinación de S70/CV30 su CBR es igual a 12.7% por lo que se observa que hay una

variación de los valores de CBR de acuerdo al porcentaje que se le añade , por esta razón queda corroborado con este estudio, ya que sucede lo mismo en una primera combinación de CCA 10% el CBR al 95% de la MDS(%) es igual a 11.56%, en la segunda combinación de CCA 20% el CBR es igual 15.18% y una tercera proporción de CCA 30% el CBR es igual a 10.42% donde se observa que sucede una decaída en la tercera adición, esto hace que ambos estudios dan conformidad a los resultados.

7. Según la Norma CE.010 (2010, p.41), la estabilización de suelos es el proceso físico o químico, por el que se perfeccionan las características físicas- mecánicas del suelo natural en corte o de los materiales de préstamo en relleno, con la intención de mejorar sus propiedades y hacerlos estables. En esta investigación que se realizó se puede corroborar esta información debida a que se procedió realizar la estabilización química con cenizas de caña de azúcar, donde se comprueba y verifica la mejora de sus propiedades físicas y mecánicas del suelo natural con la adición de cenizas, además las cantidades de cenizas a adicionar serán estudiadas y medidas de acuerdo a los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos.

8. Según Morales Gueto Juan, menciona que la arcilla posee una función principal, que es el de fluidificación de una cuantización que se puede hacer a simple vista, mirando hacia la reacción con la cuantía de agua y electrólito inmerso en arcilla, y contrastar los datos del comportamiento de otros. Esta información se pudo notar en los ensayos que fueron realizados en esta tesis mediante la adición de agua se vio el comportamiento de las arcillas teniendo como referencia la plasticidad de este material y la capacidad de absorber de manera rápida el agua y quedar retenida, es por ello que se corrobora la información brindada por Morales Gueto el cual fue evidenciado y confirmado dando confiabilidad a lo dicho.

## V. CONCLUSIONES

1. En la presente tesis luego de realizar los ensayos de límite de consistencia, proctor modificado y CBR con la combinación del suelo con las cenizas de caña de azúcar se determinó la estabilización de este suelo para fines de pavimentación, obteniendo resultados favorables en la que se obtuvo mejoras en las propiedades físicas y mecánicas del suelo, donde se testifica que el suelo consiguió estabilizarse con la adición del 20% de CCA con referencia al peso de la muestra, se logró un CBR al 95% de 15.18%, una densidad seca de 1.859gr/cm<sup>3</sup> con un óptimo contenido de humedad de 9.567% y reduciendo el índice de plasticidad de 16.11% a 9.73%, así mismo se consiguió disminuir el porcentaje de expansión del suelo de 1.47% a 0.24%. Por lo consiguiente para lograr este objetivo general, también se obtuvieron las siguientes conclusiones de acuerdo a los objetivos específicos:
2. De acuerdo con los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos, se determinó las características físicas y mecánicas del suelo analizado, donde se concluye que el tipo de suelo de las muestras que fueron evaluados a través de los ensayos de análisis granulométrico por tamizado y límites de Atterberg dio como resultado un suelo A-6 (9) según la clasificación del método AASHTO y según SUCS un suelo CL (suelo arcilloso con baja plasticidad), por consiguiente las muestras clasificados según los tamices en donde quedan retenidos las gravas, las arenas y las arcillas, prepondera las arcillas con un rango de 59.9% hasta 63.1%, el contenido de humedad natural que varía de 16.22% a 17.4%, límite líquido de 15.94 a 18.19%, límite plástico de 2.08 a 4.45% ,el índice de plasticidad de 11.7 a 16.11%, la densidad máxima seca de 1.656 gr/cm<sup>3</sup> con un óptimo contenido de humedad de 6.382% y un índice de CBR a una lectura al 95% de 4.81%.
3. Según los valores obtenidos del ensayo de límite de atterberg de la calicata 01 de la muestra patrón el índice de plasticidad es de 16.11% y con adición de 10,20 y 30% de cenizas de caña de azúcar se obtiene mejoras en reducción del índice de plasticidad, alcanzando un valor de 11.59 % de I.P con adición de cenizas al 10%,con la adición al 20% logró disminuir a 9.73% de I.P y por ultimo con la adición al 30% alcanzó a disminuir a 12.14% de I.P, así mismo a través de este ensayo se obtuvo el porcentaje

óptimo de adición para poder disminuir el índice de plasticidad, el cual es del 20% de adición de cenizas de caña de azúcar.

4. De acuerdo a los ensayos de proctor modificado a la calicata 01 se concluye que la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad del suelo arcilloso con adición de cenizas de caña de azúcar al 10% alcanzo un valor de 1.802gr/cm<sup>3</sup> con un óptimo contenido de humedad de 8.708%, en el segundo porcentaje del 20 % de CCA alcanzo una M.D.S de 1.859gr/cm<sup>3</sup> con una humedad de 9.567% y por ultimo con la adición del 30% de cenizas logró una máxima densidad seca de 1.776gr/cm<sup>3</sup> con humedad de 8.321%, estos resultados demuestran que la máxima densidad seca con adición estuvo por encima de la densidad seca del patrón que normalmente llega a 1.656gr/cm<sup>3</sup> con una humedad de 6.382%, lo que representa una mejora en sus propiedades mecánicas a través de la compactación.
5. Debido a la resistencia y capacidad de carga del suelo de la calicata 01 se concluye que el suelo arcilloso logra estabilizar con la adición al 20% de ceniza de caña de azúcar, en relación al peso seco de la muestra del suelo y el óptimo contenido de humedad, alcanzando un CBR al 95% de 15.18%, con un 10% de cenizas alcanzó un CBR al 95% de 11.56% y con un 30% consiguió un CBR de 10.42%, se obtuvo mejores resultados con la adición del 20% de cenizas. La muestra patrón no es favorable por su baja resistencia en comparación alcanza un valor de 4.81% de CBR.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda al Municipio del distrito de Independencia que realice la mejora de la subrasante de la carretera del tramo Pinar – Marian aplicando la adición de cenizas de caña de azúcar como material estabilizante, para lograr mejorar la capacidad portante y estabilizar el suelo natural, así mismo se tiene que tener en cuenta que el porcentaje adecuado a adicionar es el 20% con relación al peso del material a estabilizar, se debe realizar un buen mezclado y batido del suelo natural con las cenizas de caña de azúcar para lograr una mejor compacidad y estabilidad, al igual como se obtuvo en el laboratorio, por otra parte las cenizas de caña de azúcar deben ser tamizadas por la malla N° 200 para lograr partículas más finas ya que este material tiene una mayor adherencia cuanto más fino sea.

Es recomendable la utilización de las cenizas de caña de azúcar en suelos que presenten estratos de textura fina como las arcillosas y los limos, que presentan baja relación de soporte CBR, ya que al adicionar este material estabilizante aumenta el parámetro de CBR, proctor modificado y disminuye el índice de plasticidad permitiéndole llegar a las características especificados en la norma del MTC.

Al Ministerio de transportes y Comunicaciones; la difusión y aplicación de las cenizas de caña de azúcar para la estabilización de suelos arcillosos de baja capacidad portante. Que puede ser aplicable para suelos con CBR menor a 6% y que requieran un mejoramiento.

De igual manera a futuras investigaciones similares a este tema, utilizar este trabajo de investigación como una guía básica, para estabilizar los suelos arcillosos en diferentes puntos de nuestro país y fomentar a la creación de un manual, el cual aplique e instruya a la formulación de mezcla para la estabilización. A futuros investigadores seguir con la investigación con porcentajes mayores o menores de adición de este material para lograr estabilizar los diferentes tipos de suelos que se presentan en los sistemas de clasificación, de modo que se pueda tener una idea clara del porcentaje óptimo de adición de cenizas de caña de azúcar para cada tipo de suelo.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARIAS G., Fideas. El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica. Caracas: Episteme, 2012. 146 pp.

ISBN: 980-07-8529-9.

ALVA, Jorge, HUAMAN, Carlos y BUSTAMANTE, Américo. Estudios de Microzonificación Sísmica de Huaraz. Perú: Guzlop, 2011. 34pp.

BRAJA, M. Das. Fundamentos de ingeniería geotécnica. 4.<sup>a</sup> ed. México: Cengage Learning, 2013. 658 pp.

ISBN: 9786075193731

Borja Suárez, Manuel. 2012. Metodología de la Investigación Científica para ingenieros. Chiclayo: s.n., 2012.

BRAJA, M. Das. Fundamentos de ingeniería geotécnica. México: Thomson International, 2001. 608 pp.

ISBN: 9706860614

CARRASCO, Díaz S. Metodología de la investigación científica. Lima: San Marcos, 2005.475 pp.

ISBN: 9972342425

CRAIG, James R., VAUGHAN, David J. y SKINNER, Brian J. Recursos de la Tierra: Origen, uso e impacto ambiental. 3<sup>a</sup> ed. Madrid: Pearson Educación, 2006. 636 pp.

ISBN: 9788420550329

CORDEIRO, G.C., Toledo Filho, R.D. y Fairbairn, E.M.R. Effect of calcination temperature on the pozzolanic activity of sugar cane bagasse ash. Constrution and building materials. 2009. 3303 pp.

CRESPO Villalaz, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. 5.<sup>a</sup> ed. México: Limusa, 2004. 650 pp. ISBN: 9681864891

CORDEIRO, C.G [et al.]. Ultrafine grinding of sugar cane bagasse ash for application as pozzolanic admixture in concrete. Cement and Concrete Research. 2009. 200 pp.

CAÑAR Tiviano, Edwin. Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinada con ceniza de carbón. Tesis (Obtención del título de ingeniero civil). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, 2017. 167 pp.

CARRASCO Mejía, Danny. Estabilización de los suelos arcillosos adicionando cenizas de caña de azúcar en el tramo de Moro a Virahuanca en el Distrito de Moro – Provincia del Santa - 2017. Tesis (Obtención del título de ingeniero civil). Nuevo Chimbote: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería Civil, 2017. 195 pp.

CASTRO Cuadra, Axel. Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante. Tesis (Obtención del título de ingeniero civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, 2017. 211 pp.

DELGADO López, Carol y MENDOZA Meléndez, Ivette. Influencia del porcentaje de ceniza de bagazo de caña de azúcar activada alcalinamente sobre la tensión efectiva en suelos susceptibles a licuación. Tesis (Obtención del título de ingeniero civil). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería Civil, 2017. 128 pp.

GONZÁLEZ, Guerra Francisco. Estabilización Mecánica de Suelos Cohesivos a través de la Utilización de Cal - Ceniza Volante. Tesis (Obtención del título profesional de Ingeniero Civil). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2014. 117 pp.

HERNÁNDEZ Sampieri, Roberto, FERNÁNDEZ Collado, Carlos y BAPTISTA Lucio, María del Pilar. Metodología de la investigación. México: The McGraw-Hill, 2014. 656 pp.

HERNANDES, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. 5.ª ed. México: The McGraw-Hill, 2010. 656 pp.

ISBN: 9786071502919

HERNÁNDEZ, Jaén Uriel. Comportamiento Mecánico y Físico del mortero a base del CBCA como árido en aplanado de muros. Tesis (Obtención del título de especialista en construcción).Veracruz: Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Civil ,2011. 100 pp.

INEGI. 8 de mayo de 2018. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/>

JUAREZ Badillo, Eulalio y RICO Rodríguez, Alfonso. Fundamentos de la mecánica de suelos. México: Limusa, 2005. 644 pp.

ISBN: 9681800699

MORALES Güeto, Juan. Tecnología de los materiales cerámicos. Díaz de Santos: Madrid, 2005.349 pp.

ISBN: 9788479787226

MORALES, E.V [et al.]. . Effects of calcining conditions on the microestructure of sugar cane waste ashes (SCWA): influence in the pozzolanic activation. Cement & Concrete Composites. 2009. 31 pp.

MONTEJO Fonseca, Alfonso. Ingeniería de Pavimentos. 2.ª ed. Colombia: Agora, 2002. 734pp.

ISBN: 958-96036-2-9.

Misra, A. Utilization of Western Coal Fly Ash in Construction of Highways in the Midwest, Mid-America Transportation Center, Lincoln, Nebraska, 2000.

MORALES Zuluaga, Daniel. Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas. Tesis (Obtención del título de ingeniero civil).Colombia: Universidad de Medellín, Facultad de Ingeniería Civil ,2015. 80 pp.

MONTENEGRO Díaz, Alvaro Mauricio y ORTIZ Pinilla, Jorge Eduardo. Modelamiento Estadístico. Bogotá - Colombia: Universidad Nacional De Colombia, 2005. 392 pp.

ISBN: 958-701-559-2

Márquez, José Javier. Mecánica De Suelos y Estudios Geotécnicos En Obras De Ingeniería. 2006.77 pp.

MINISTERIO de Vivienda Construcción y Saneamiento (Perú).NORMA CE.010: Pavimentos urbanos. Lima, 2010. 79 pp.

ISBN: 9789972943355

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (Perú).NP, R.D. N°10-MTC/14: Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos-Sección suelos y pavimentos. Lima, 2014. 302 pp.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (Perú). D.S. N° 034-2008-MTC: Manual de Ensayo de Materiales. Lima, 2016. 1268 pp.

MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones. MTC. Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. [En línea] 2008. 159pp. [Citado el: 20 de mayo del 2018.] [www.mtc.gob.pe/.../manual/...MEspecificaciones/MEspecific-Volumen%20II](http://www.mtc.gob.pe/.../manual/...MEspecificaciones/MEspecific-Volumen%20II). Pdf.

MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones. MTC. Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2014. Lima, 2014. 329 pp.

MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones. MTC. Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018. Lima, 2018. 288 pp.

MINISTERIO de Agricultura y Riego (Perú). Producción de caña de azúcar en el Perú, perspectivas. Lima, 2017. 7 pp.

MENDOZA Castillo. 2014. SlideShare. [En línea] PowerPoint, 8 de Octubre de 2014. [Citado el: 11 de mayo de 2018.] <http://es.slideshare.net/JoseMendozaCastillo/12-instrumentos-de-recoleccion-de-datos>.

NAMAKFOROOSH Mohammad, Naghi. Metodología de la Investigación. México: Limusa S.A., 2000. 525 pp.

ISBN: 968-18-55178.

NORABUENA Sandoval, Fergie. Resistencia de un suelo arcilloso sustituido al 6% por ceniza de bagazo de caña de azúcar en Huanroc-Macate. Tesis (Obtención del título de ingeniero civil).Chimbote: Universidad San Pedro, Facultad de Ingeniería Civil ,2017. 85 pp.

OSPINO Rodríguez, Jairo Alfonso. 2004. Metodología de la Investigación en ciencias de la salud. Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ciencias de la Salud, 2004. 233 pp.

ISBN: 9588205557

PEREZ Collantes, Carolina. Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada. Tesis (Obtención del título de ingeniero civil).Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil ,2014. 151 pp.

QUINTERO, Lemusa Leidy y GALLARDO, Amaya Romel. Caracterización mineralógica de arcillas expansivas con fines de estabilización. Investigación en Geotecnia y Medio Ambiente GIGMA.Colombia: Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, 2015.10 pp.

ROJAS Soriano, Raúl. Investigación social teoría y praxis. 11<sup>a</sup> ed. D.F. - México: Plaza y Valdés, S. A. de C.V., 2002. 192 pp

ISBN: 968-856-130-4.

RODRÍGUEZ Nodals, Adolfo A y SÁNCHEZ Pérez, Pedro. Especies de frutales cultivadas en Cuba en la Agricultura Urbana. 3<sup>a</sup> ed. Cuba: La Habana, 2005. 70pp.

RUANO, López Denis Robín. Estabilización de suelos cohesivos por medio de arenas volcánicas y cal viva. Trabajo de graduación. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 158 pp.

Registro Nacional de Carreteras (RENAC). Disponible en:  
<https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/renac.html>

TÓRREZ, Rivas B.J. [Et al.]. Valorización de ceniza de bagazo de caña de la industria azucarera Nicaragüense como sustituto parcial al cemento Portland. Revista científica. Nicaragua. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Química, 2014. 8 pp.

U.S Department Of The Interior Bureau Of Reclamation. Earth Manual. Third Edition. Denver, Colorado: Earth Sciences Laboratory.1998. 348 pp.

VALERO Alonso, Luis. Compactación en carreteras y aeropuertos. Barcelona: Eyrolles, 1978. 233 pp.

ISBN: 847146005X

VALDERRAMA Mendoza, Santiago. Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación. Lima: San Marcos, 2013. 495 pp.

ISBN: 9786123028787

VALLE Áreas, Wilfredo Alfonso. Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yasíferos. Tesis (Master en Caminos, Canales y Puertos). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Ingeniería, 2010. 68 pp.

VEGA Guimarey, Anthony. Estabilización de suelos con adición de ceniza de paja de trigo al 10% carretera Macashca tramo Pariac Alto Provincia de Huaraz - 2017. Tesis (Obtención del título de ingeniero civil). Huaraz: Universidad San Pedro, Facultad de Ingeniería Civil, 2017. 263 pp.

ZANS Llano, Juan José. Mecánica de suelos. Barcelona: Eyrolles, 1975. 223 pp.

ISBN: 847146165X

## **ANEXOS**

### **ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

#### **TÍTULO:**

Estabilización de los Suelos Arcillosos Adicionando Cenizas de Caña de Azúcar en el tramo de Pinar-Marian, distrito de Independencia, 2018

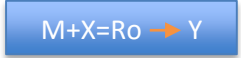
#### **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

#### **DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:**

De acuerdo a la visita técnica que se realizó a la carretera de la localidad de Pinar a Marian del distrito de Independencia se pudo observar que dicho área de influencia posee suelos arcillosos, por lo cual se han presentado problemas como: asentamientos diferenciales, hundimientos, baches, intransitabilidad de vehículos y peatones, incomodidad de los transportistas para acceder a la vía, pérdida de tiempo en el traslado por la carretera, accidentes de tránsito, llegada tardía a los centros de trabajos y congestión vehicular lo cual no permite el servicio de transporte fluido.

Las causas que han generado el deterioro de la carretera en el lugar de estudio son: suelos arcillosos, baja compactación, diseño inadecuado, expansiones volumétricas, ausencia de actividades de mantenimiento, incremento de tránsito, lluvias permanentes, estancamiento de agua por la inexistencia de un drenaje superficial y el paso de transporte pesado; a la vez, para la construcción de la vía no se contó con un previo estudio y estabilización de suelo que garantice las magnitudes de carga a soportar

VARIABLE	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	JUSTIFICACIÓN	DISEÑO DE LA INVESTIGACION
<b>Independiente</b>	<b>General:</b>	<b>General:</b>			<b>Tipo de investigación</b>
Cenizas de Caña de azúcar	¿En qué medida se estabilizan los suelos arcillosos adicionando cenizas de caña de azúcar en el tramo de Pinar-Marian, distrito de Independencia, 2018?	Determinar la estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de caña de azúcar en el tramo de Pinar-Marian, distrito de Independencia, 2018.	La adición de las cenizas de la caña de azúcar en un 10%, 20% y 30% logra estabilizar el suelo, alcanza mejorar las propiedades mecánicas y físicas del suelo,	Esta investigación tuvo como instrumentos a las pruebas o ensayos de laboratorio que nos especifican las normas de MTC y ASTM, con la cual se obtuvo una nueva ficha técnica de estabilización de suelos arcillosos con cenizas de caña de azúcar, donde especifica la metodología para solucionar el problema real que posee el lugar de estudio y para que las futuras investigaciones similares a este tema se guíen con los procedimientos que se realizó para la estabilización del suelo adicionando CCA y para que tengan referencia sobre los porcentajes óptimos de adición de cenizas para lograr estabilizar los diferentes tipos de suelos. Así mismo esta tesis servirá como antecedente de investigación para los futuros estudios de investigación similares a este tema.	Enfoque Cuantitativa con un nivel aplicada
<b>Dependiente</b>	<b>Específicos:</b>	<b>Específicos:</b>			<b>Diseño de investigación</b>
Estabilización de suelos arcillosos	¿Qué propiedades mecánicas y físicas tiene el suelo extraído del tramo de Pinar-Marian, distrito de Independencia, 2018)?	Determinar las propiedades mecánicas y físicas del suelo extraído del tramo de Pinar-Marian, distrito de Independencia, 2018	aumentando la capacidad de carga y la máxima densidad seca, como también reduce el índice de plasticidad de los suelos arcillosos del tramo de la carretera Pinar-Marian del distrito de Independencia, 2018.		Experimental, con un alcance correlacional.  M: Muestra que se manipulará para la investigación X: Adición de cenizas de caña de azúcar Ro: Resultados Y: Estabilización de suelos arcillosos
	¿Cuál es el resultado de evaluar el índice de plasticidad del suelo arcilloso adicionando las cenizas de caña de azúcar en el tramo de Pinar-Marian, distrito de Independencia, 2018?	Evaluar el índice de plasticidad del suelo arcilloso adicionando las cenizas de caña de azúcar en el tramo de Pinar-Marian, distrito de Independencia, 2018 mediante los ensayos de límite plástico y líquido.			
	¿Cuál es la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad del suelo arcilloso adicionando cenizas de caña de azúcar en el de tramo Pinar-Marian, distrito de Independencia, 2018?	Determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad del suelo arcilloso adicionando cenizas de caña de azúcar en el tramo de Pinar-Marian, distrito de Independencia, 2018 a través del ensayo de Proctor Modificado.			
	¿Cuál es la capacidad de carga y resistencia del suelo arcilloso adicionando cenizas de caña de azúcar en el tramo de Pinar-Marian, distrito de Independencia, 2018?	Determinar la capacidad de carga y resistencia del suelo arcilloso adicionando cenizas de caña de azúcar en el tramo de Pinar-Marian en el distrito de Independencia, 2018 a través del ensayo del CBR.			



ANEXO 2: FICHA TÉCNICA DE LA CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR

**Tabla 60.** *Ficha técnica de CCA*

<b>CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	La CCA se define como un subproducto de los desechos de la fabricación del azúcar. Se usa como combustible para calentar las calderas de las fábricas para obtener el azúcar. Su propiedad como cementante permite ser usado como un material pozolánica, que mejora las propiedades de los productos con los que se reemplaza o combina
<b>NOMENCLATURA</b>	CCA
<b>USO</b>	Estabilizante de suelo arcilloso con baja plasticidad en porcentajes 10%, 20% y 30% del peso del material.
<b>INDICACIONES</b>	Las cenizas debe ser tamizado por la malla N° 200 ya que este material tiene mejores resultados cuando más fino sea, el porcentaje óptimo de adición de CCA para un suelo CL es el 20% del peso del material
<b>PRECAUCIONES PERSONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar el contacto con la piel y los ojos.</li> <li>- Llevar equipo de protección adecuado.</li> </ul>
<b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ojos: Usar gafas de protección total aprobadas por Norma G 0.50; no se recomienda usar lentes de contacto en condiciones polvorientas.</li> <li>- Piel: Utilizar guantes impermeables de caucho o nitrilo para evitar el contacto con la piel. Quitarse la ropa y los EPP corporales que se saturen de cenizas.</li> </ul>
<b>MEDIDAS CORRECTIVAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En caso de contacto prolongado con la piel se debe lavar con agua y jabón y luego aplicar crema, para evitar su resecaamiento.</li> <li>- En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua y concurrir al médico. En caso de ingestión, acudir inmediatamente al médico</li> </ul>
<b>PRECAUCIONES AMBIENTALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar la contaminación de desagües, aguas superficiales y subterráneas</li> </ul>

Fuente: elaboración propia

# ANEXO 3: INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCION DE DATOS



## LABORATORIO DE SUELOS

### ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

NTP 339.127 / ASTM D2216

CALICATA		UBICACIÓN		PROF. (m)	
CANTERA	-	MUESTRA			
1	N° DEL RECIPIENTE				
2	PESO DEL RECIPIENTE (g)				
3	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO (g)				
4	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)				
5	PESO DEL AGUA CONTENIDA (3) - (4) (g)				
6	PESO DEL SUELO SECO (4) - (2) (g)				<b>PROMEDIO</b>
7	CONTENIDO DE HUMEDAD (5) / (6) * 100 (%)				

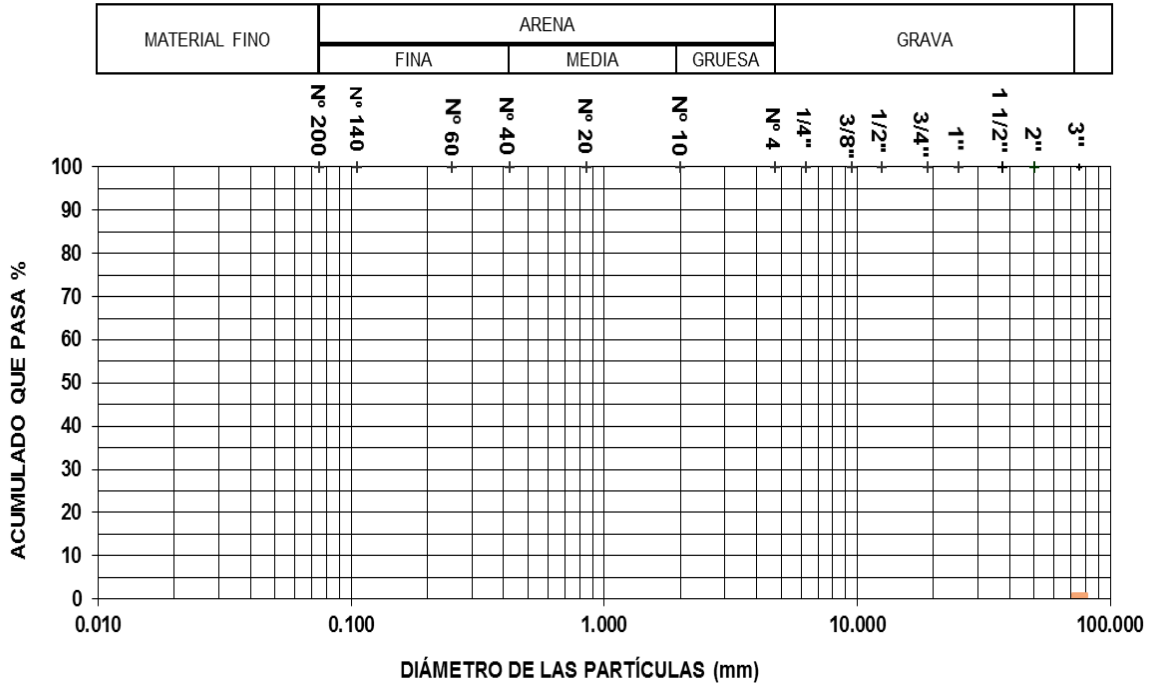
	<b>LABORATORIO DE SUELOS</b>				
	<b>ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO</b>				
	NTP 339:128 - ASTM D422				
CALICATA		UBICACIÓN		PROF. (m)	
CANTERA		MUESTRA			
PESO INICIAL		PESO RETENIDO (grs.)	% PARCIAL RETENIDO (grs.)	% ACUMULADO	
MALLAS	DIÁMETRO			RETENIDO	QUE PASA
3"	75.000				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
1/4"	6.250				
Nº4	4.750				
Nº10	2.000				
Nº20	0.850				
Nº40	0.425				
Nº60	0.250				
Nº140	0.106				
Nº200	0.075				



**LABORATORIO DE SUELOS**  
**ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
 NTP 339:128 - ASTM D422

CALICATA		UBICACIÓN		PROF. (m)	
CANTERA		MUESTRA			

**Curva Granulométrica**



**Resultados; ASTM-D2487/ D3282**

<b>Coefficiente de:</b>	Uniformidad (Cu)	
	Curvatura	
	Grava (No 4 < Diam < 2")	
	Arena (No 200 < Diam < No 4)	
	Inicio (Diam < No 200)	
<b>Clasificación:</b>	AASHTO	
	SUCS	

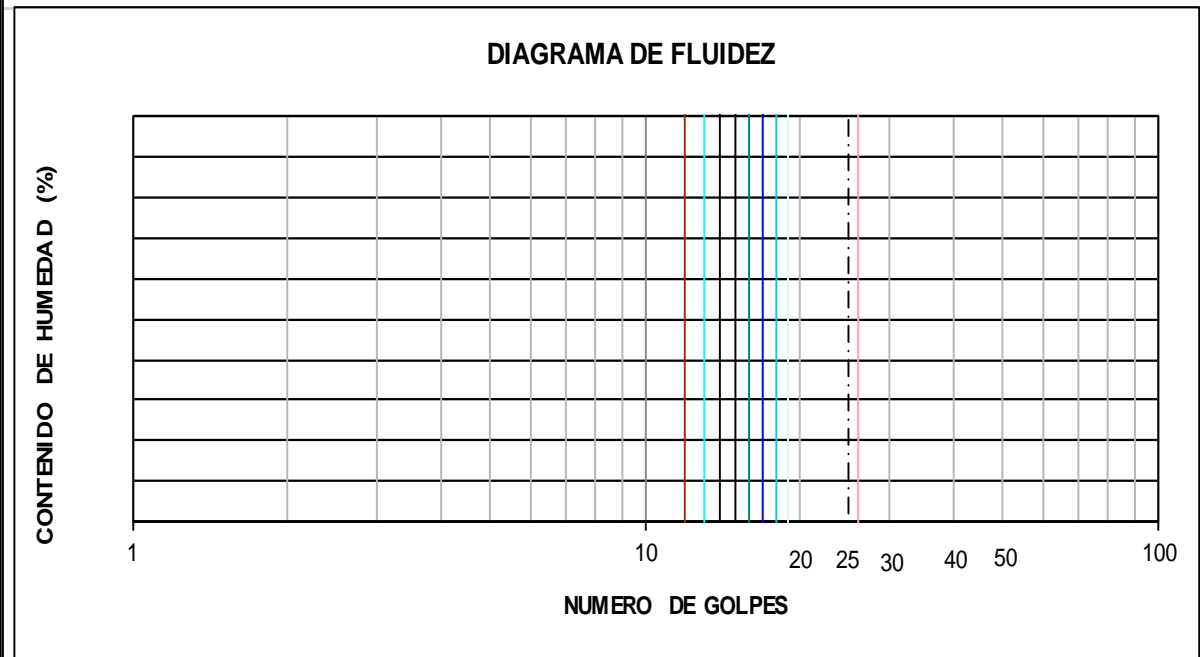


# LABORATORIO DE SUELOS

## LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318 / NTP 339.129

CANTERA :		MUESTRA :		PROF. (m) :	

		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
PRUEBA	N°					
RECIPIENTE	N°					
NÚMERO DE GOLPES	N°					
1 PESO DEL RECIPIENTE	(g)					
2 PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(g)					
3 PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	(g)					
4 PESO DEL AGUA (1-2)	(g)					
5 PESO DEL SUELO SECO (2-4)	(g)					
6 CONTENIDO DE HUMEDAD (3/5*100)	(%)					



LÍMITE LÍQUIDO :		
LÍMITE PLÁSTICO :		
ÍNDICE PLÁSTICO :		



## LABORATORIO DE SUELOS

### ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)

NTP 339:141 / ASTM D 1556

MOLDE N°	Volumen de Molde (cc) :	Tipo de Molde:	6"	Temperatura Secado (°C):
CAPAS N°	Golpes (N°) :	Peso de Molde (gr.):	Método :	
MUESTRA	N°			
PESO SUELO HUMEDO+MOLDE	Gr.			
PESO DEL MOLDE	Gr.			
PESO DEL SUELO HUMEDO (3)-(2)	Gr.			
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO (4)/(1)	Gr/c.c.			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>				
RECIPIENTE	N°			
PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA	Gr.			
PESO SUELO SECO+CAPSULA	Gr.			
PESO DE LA CAPSULA	Gr.			
PESO DEL AGUA (8)-(9)	Gr.			
PESO DEL SUELO SECO (9)-(7)	Gr.			
HUMEDAD (10)/(11)	%			
DENSIDAD DE SUELO SECO (5)/[1+(12/100)]	Gr/c.c.			

Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)


Contenido de humedad %

DENSIDAD MAXIMA = HUMEDAD OPTIMA =



**ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)  
NTP 339:145/ ASTM D 1883**

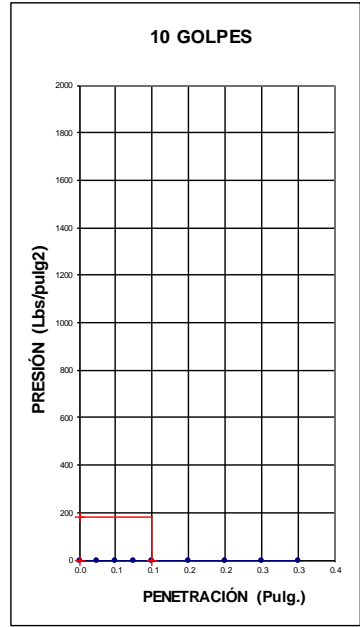
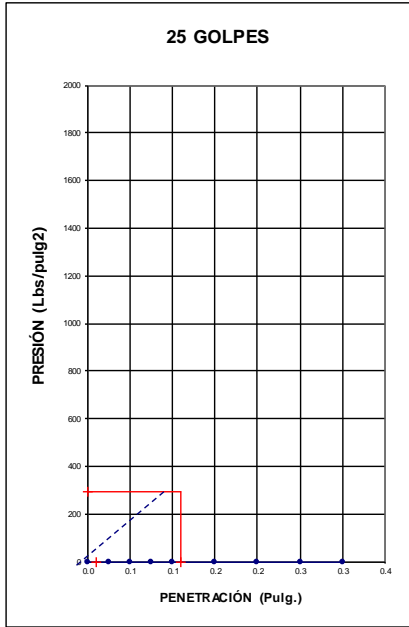
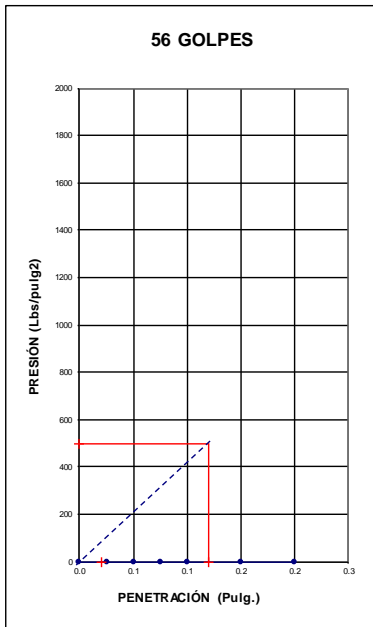
<b>SOLICITANTE</b>			<b>UBICACIÓN</b>								
<b>PROYECTO</b>			<b>PROFUNDIDAD (m.)</b>								
<b>CALICATA</b>			<b>MUESTRA</b>								
<b>UBICACION</b>			<b>FECHA</b>								
<b>PROGRESIVA</b>			<b>ENSAYADO POR</b>								
<b>MOLDE N°</b>											
<b>N° DE CAPAS</b>											
<b>N° DE GOLPES POR CAPA</b>											
<b>MUESTRA</b>			<b>SATURADA</b>	<b>SIN SATURAR</b>	<b>SATURADA</b>	<b>SIN SATURAR</b>	<b>SATURADA</b>	<b>SIN SATURAR</b>			
<b>VOLUMEN DE MOLDE</b>											
<b>PESO DE MOLDE</b>											
<b>PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO</b>											
<b>PESO DEL SUELO HUMEDO</b>											
<b>DENSIDAD HUMEDA</b>											
<b>RECIPIENTE N°</b>											
<b>PESO DE RECIPIENTE</b>											
<b>PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO</b>											
<b>PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO</b>											
<b>PESO DE AGUA</b>											
<b>PESO DE SUELO SECO</b>											
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>											
<b>DENSIDAD SECA</b>											
<b>EXPANSIÓN</b>											
			<b>56 GOLPES</b>			<b>25 GOLPES</b>			<b>10 GOLPES</b>		
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>DIAL</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>DIAL</b>	<b>EXPANSIÓN</b>		<b>DIAL</b>	<b>EXPANSIÓN</b>	
				<b>Pulg.</b>	<b>%</b>		<b>Pulg.</b>	<b>%</b>		<b>Pulg.</b>	<b>%</b>
<b>PENETRACIÓN</b>											
		<b>56 GOLPES</b>			<b>25 GOLPES</b>			<b>10 GOLPES</b>			
<b>PENETRACIÓN (pulg.)</b>	<b>PATRÓN (Lb/pul)</b>	<b>DIAL</b>	<b>CARGA</b>	<b>CARGA UNITARIA</b>	<b>DIAL</b>	<b>CARGA</b>	<b>CARGA UNITARIA</b>	<b>DIAL</b>	<b>CARGA</b>	<b>CARGA UNITARIA</b>	
0.025											
0.050											
0.075											
0.100	1000										
0.150											
0.200	1500										
0.250											
0.300											
0.400											
0.500											



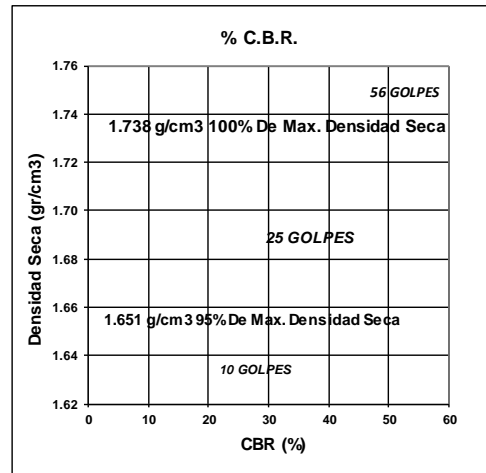
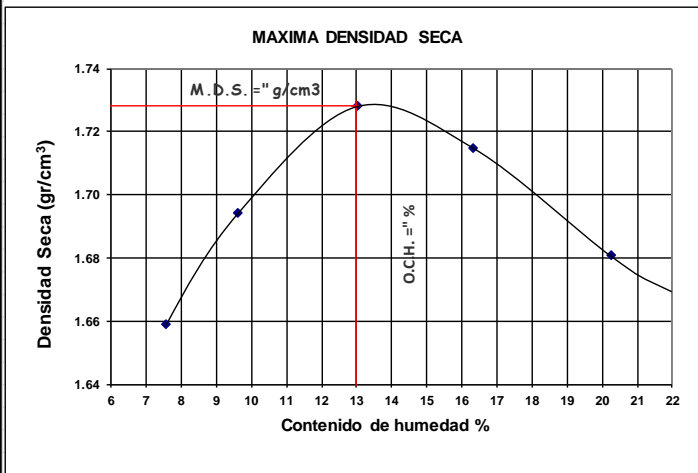


## ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.) NTP 339:145 / ASTM D 1883

<b>SOLICITANTE</b>		<b>UBICACIÓN</b>	
<b>PROYECTO</b>		<b>PROFUNDIDAD (m.)</b>	
<b>CALICATA</b>		<b>MUESTRA</b>	
<b>UBICACION</b>		<b>FECHA</b>	
<b>PROGRESIVA</b>		<b>ENSAYADO POR</b>	



PENETRACIÓN	C.B.R. A 95%	C.B.R. A 100%	
<b>0.1"</b>			



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS		<b>ESTRATIGRAFIA</b>		
		EXCAVACIÓN		
		NIVEL FREÁTICO		
		UBICACIÓN		
PROYECTO :				
UBICACIÓN :		FECHA		
MÉTODO DE EXCAV.:		ELABORADO POR		
CLASIFICACION			PRUEBAS DE CAMPO	
PROFUNDIDAD (m)	SÍMBOLOS	GRÁFICO	HUMEDAD (%)	DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL : COLOR, HUMEDAD NATURAL, PLASTICIDAD, ESTADO NATURAL DE COMPACTACIÓN, FORMA DE LAS PARTÍCULAS, TAMAÑO MÁXIMO DE PIEDRAS, PRESENCIA DE MATERIA ORGÁNICA, ETC.
<b>IDENTIFICACION DE MUESTRAS</b>				
S/M: Sin muestra				
M-1: Muestra alterada N° 1				
Re : Material de relleno				

# ANEXO 4: PANEL FOTOGRAFICO



Figura 33. Estado actual del tramo de la carretera Pinar-Marian



Figura 34. Levantamiento topográfico de la carretera Pinar-Marian



Figura 35. Medicion de la longitud de la carretera



Figura 36. Excavacion de la calicata 01



Figura 37. Excavación de las calicatas del lugar de estudio





Figura 38: Peso de la ceniza al 20%

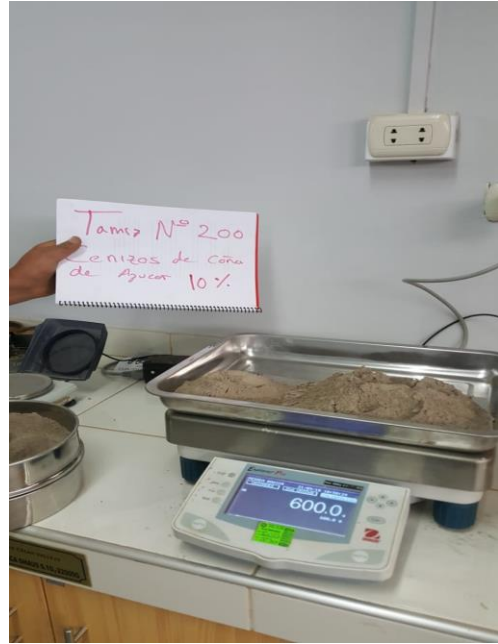


Figura 39: Peso de la cenizas al 10%



Figura 40: Muestra suelo tamizado C-01



Figura 41: Mezcla del suelo-cenizas para el ensayo de proctor modificado C-01



Figura 42: Muestra para la determinación de límite líquido



Figura 43: Cuarteo de la muestra de la calicata C-02



Figura 44: Lavado de la muestra C-03



Figura 45: Adición de agua al suelo para el proctor modificado del suelo natural C-01



Figura 46: Proctor del suelo natural C-01



Figura 47: CBR del suelo natural C-01



Figura 48. CBR de C-01 patrón Lectura con el dial de dispersión sumergido.



Figura 49. Límite Líquido del suelo C-01



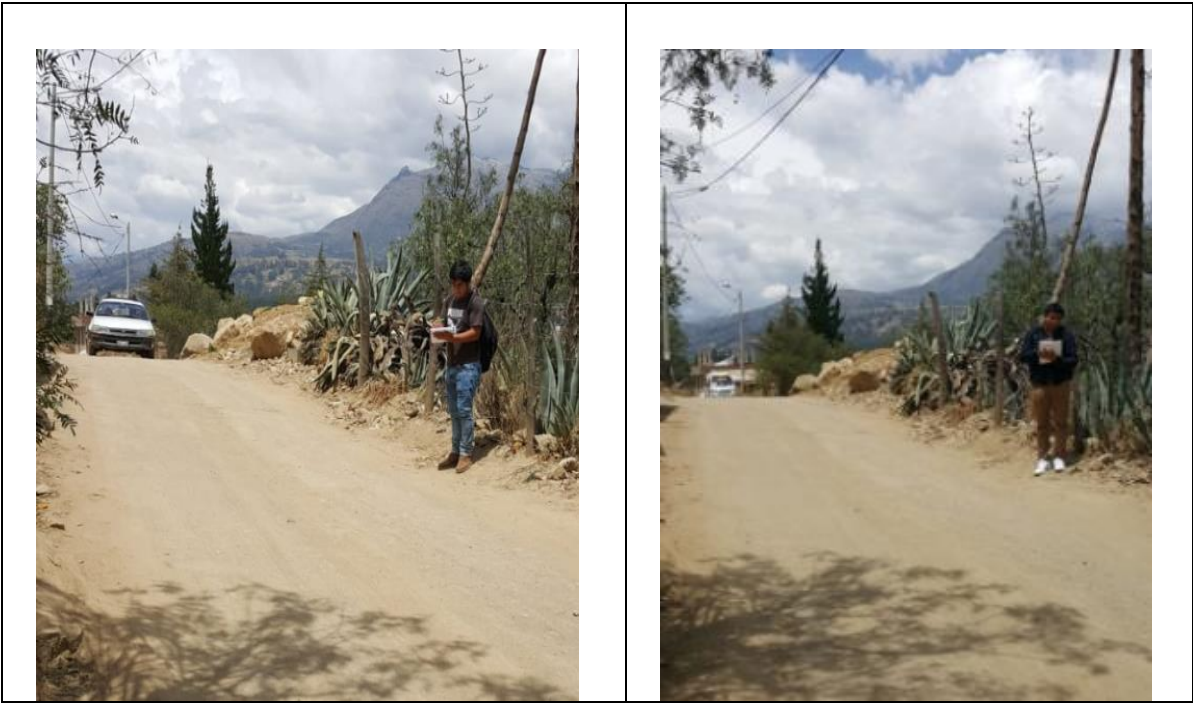


Figura 50. Conteo vehicular de la carretera Pinar-Marian



Figura 51. Muestras de las cenizas de caña de azúcar



Figura 52: Muestra del suelo sumergido



Figura 53: Mezcla del suelo con agua para el proctor modificado con adición de cenizas



Figura 54: Proctor Modificado con adición de cenizas C-01



Figura 55: Ensayo de CBR del suelo natural C-01



Figura 56: Sumergido de la muestra de suelo-cenizas



Figura 57: Muestra representativa para límite de consistencia



Figura 58. Muestras secadas al horno



Figura 59. Proceso de tamizado de las cenizas



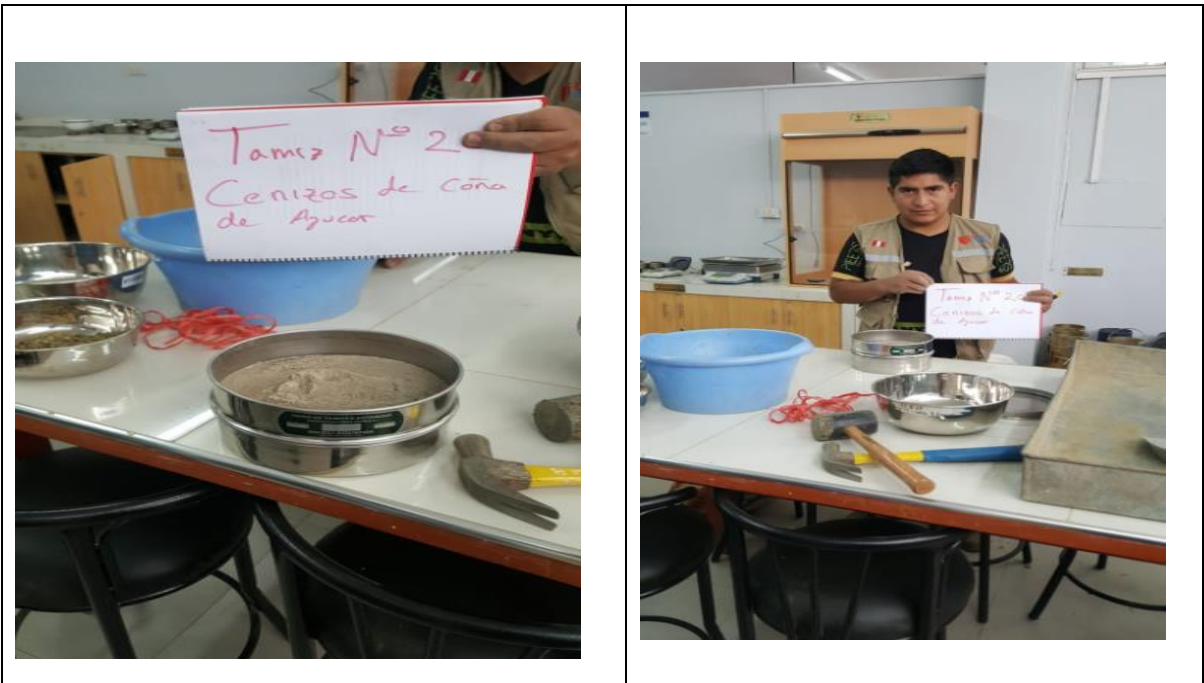


Figura 60. Tamizado de las cenizas para obtener muestras finas



Figura 61. Ensayo de CBR del suelo con adición de cenizas de caña de azúcar

# ANEXO 5: ENSAYOS DE LABORATORIO

**ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:128, ASTM D422)

**TESIS :** ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.

**TESISTAS:** ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER  
VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN

**ASUNTO:** ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

**LUGAR :** DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH

**CALICATA:** C-01

**PROF.:** 1.50 mts

**PROG:** 0+000 Km

**TABLA: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

Granulometría por Tamizado: ASTM-D422		
TAMIZ	Abertura (mm)	Acumulado que pasa (%)
3"	75.000	100.0
2"	50.000	100.0
1 1/2"	37.500	100.0
1"	25.000	100.0
3/4"	19.000	100.0
1/2"	12.500	100.0
3/8"	9.500	99.5
1/4"	6.250	98.9
N°4	4.750	98.5
N°10	2.000	97.8
N°20	0.850	97.2
N°40	0.425	96.1
N°60	0.250	93.2
N°140	0.106	81.9
N°200	0.075	63.1

**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por los solicitantes en el laboratorio

**CAMPUS HUARAZ**  
Av. Independencia 1488  
Barrio: Palmira Baja,  
Independencia - Huaraz  
Telf: (043) 483031



**UCV**  
TEC. VICTOR HUGO VILLANUEVA NAJARRO  
LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL  
REG. 12839  
UCV HUARAZ



**Mg. Erika Maqay Mozo Castañeda**  
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
[ucv.edu.pe](http://ucv.edu.pe)

### ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:128, ASTM D422)

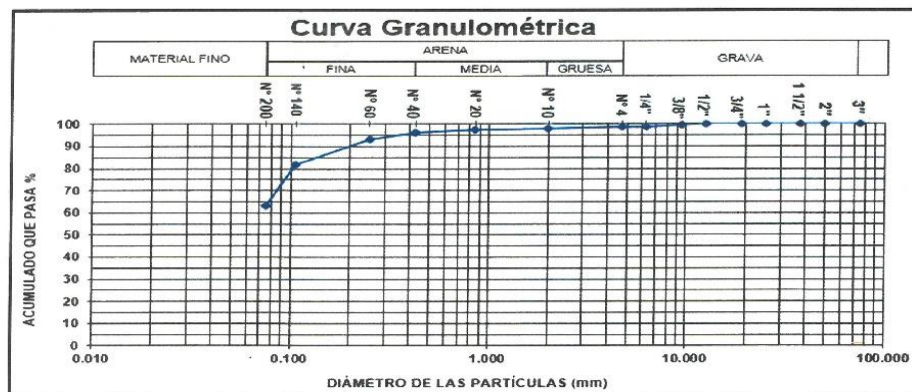
**TESIS :** ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018

**TESISTAS:** ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER  
VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN

**ASUNTO:** ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

**LUGAR :** DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH

**CALICATA:** C-01 **PROFUNDIDAD:** 1.50 mts



Resultados; ASTM-D2487/D3282		
<b>Coefficiente de:</b>	Uniformidad (Cu)	----
	Curvatura	----
	Grava (No 4 < Diam < 2")	1.5
	Arena (No 200 < Diam < No 4)	35.4
	Inicio (Diam < No 200)	63.1
<b>Clasificación:</b>	AASHTO	A-6 (9)
	SUCS	CL
	ES UNA ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD	

**Nota:** Las muestras fueron analizadas por los solicitantes en el laboratorio

**CAMPUS HUARAZ**  
Av. Independencia 1488  
Barrio: Palma Baja,  
Independencia - Huaraz  
Telf: (043) 483031

 **TEC VICTOR HUGO VILLANUEVA NAJARRO**  
LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL  
REG. 62639  
UCV HUARAZ

  
**Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda**  
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD**

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:127, ASTM D2216)

**TESIS :** ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018

**TESISTAS:** ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER  
VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN

**ASUNTO:** ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

**LUGAR :** DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH

**CALICATA:** C-01 **PROFUNDIDAD:** 1.50 mts

**TABLÁ: CONTENIDO DE HUMEDAD**

Humedad ( ASTM D2216)				
Nº DEL RECIPIENTE		M1	M2	
PESO DEL RECIPIENTE	(g)	28.95	25.01	
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	(g)	166.35	151.65	
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	146.32	133.23	
PESO DEL AGUA CONTENIDA	(g)	20.03	18.42	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	117.37	108.22	<b>PROMEDIO</b>
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	<b>17.07</b>	<b>17.02</b>	<b>17.04</b>

**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por los solicitantes en el laboratorio



TEC. VÍCTOR HUGO VILLANUEVA NAJARRO  
LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL  
REG. 52634  
UCV - HUARAZ



**Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda**  
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



**CAMPUS HUARAZ**  
Av. Independencia 1488  
Barrio: Palmira Baja,  
Independencia - Huaraz  
Telf: (043) 483031



**ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG**

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:129, ASTM D4318-84)

**TESIS :** ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018

**TESISTAS:** ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER  
VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN

**ASUNTO:** ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG

**LUGAR :** DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH

**CALICATA:** C-01 **PROFUNDIDAD:** 1.50 mts

**TABLA: LÍMITE LÍQUIDO**

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM-D4318)				
Nº RECIPIENTE		1	2	3
NÚMERO DE GOLPES		15	26	31
PESO RECIPIENTE	(g)	3.06	2.99	3.01
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(g)	11.43	9.92	10.60
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	9.89	8.86	9.67
PESO DEL AGUA	(g)	1.54	1.06	0.93
PESO DEL SUELO SECO	(g)	6.83	5.87	6.66
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	22.55	18.06	13.96
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	<b>18.19</b>		

**TABLA: LÍMITE PLÁSTICO**

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM-D4318)			
Nº RECIPIENTE		1	2
PESO RECIPIENTE	(g)	5.65	9.05
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(g)	11.34	13.73
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	11.23	13.63
PESO DEL AGUA	(g)	0.11	0.10
PESO DEL SUELO SECO	(g)	5.58	4.58
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	1.97	2.18
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	<b>2.08</b>	

**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por los solicitantes en el laboratorio

**CAMPUS HUARAZ**  
Av. Independencia 1488  
Barrio: Palmira Baja,  
Independencia - Huaraz  
Icif: (043) 483031



TEC VICTOR HUKO VILLANUEVA NAJARRO  
LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL  
REG. 62039  
UCV HUARAZ



**Mg. Erika Mayaly Mozo Castañeda**  
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



**ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG**

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:129, ASTM D4318-84)

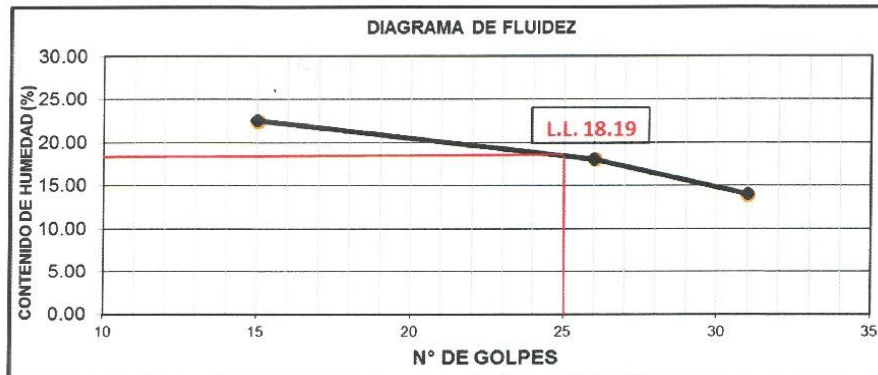
**TESIS :** ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018

**TESISTAS:** ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER  
VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN

**ASUNTO:** ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG

**LUGAR :** DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH

**CALICATA:** C-01 **PROFUNDIDAD:** 1.50 mts



Límites de Consistencia ASTM-D427	
ASTM-D4318	
Límite Líquido	<b>18.19</b>
Límite Plástico	<b>2.08</b>
Índice de Plasticidad	<b>16.11</b>

**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por los solicitantes en el laboratorio

**CAMPUS HUARAZ**  
Av. Independencia 1488  
Barrio: Palmira Baja,  
Independencia - Huaraz  
Telf: (043) 483031



**TEC. VICTOR HUGO VILLANUEVA NAJARRO**  
LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL  
REG. 82630  
UCV HUARAZ



**Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda**  
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



**ENSAYO COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:141, ASTM D1557)

**TESIS :** ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018  
**TESISTAS:** ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER  
 VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN  
**ASUNTO:** ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO  
**LUGAR :** DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH  
**CALICATA:** C-01 MUESTRA PATRON **PROFUNDIDAD:** 1.50 mts

**TABLA: COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

MOLDE N° 01	Volumen de molde(cc) : 943.47	Tipo de Molde: 4"	Temperatura Secado (°C): 110
CAPAS N° 05	Golpes (N°) : 25	Peso de Molde (gr.): 2085.2	Método : A

PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557					
PRUEBA N°		1	2	3	4
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	943.47	943.47	943.47	943.47
PESO SUELO + MOLDE	gr	3563.3	3618.6	3738.2	3589.1
PESO MOLDE	gr	2085.2	2085.2	2085.2	2085.2
PESO SUELO COMPACTADO	gr	1478.1	1533.4	1653	1503.9
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm3	<b>1.57</b>	<b>1.63</b>	<b>1.75</b>	<b>1.59</b>
RECIPIENTE	N°	1	2	3	4
P. MUESTRA H. + TARA	gr	110.08	114.08	101.04	98.75
P. MUESTRA S. + TARA	gr	108.43	110.65	96.72	93.18
PESO DE TARA	gr	27.51	25.83	25.32	26.73
PESO DE AGUA	gr	1.65	3.43	4.32	5.57
PESO MUESTRA SECA	gr	80.92	84.82	71.40	66.45
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	<b>2.039</b>	<b>4.044</b>	<b>6.050</b>	<b>8.382</b>
DENSIDAD SECA	gr/cm3	<b>1.535</b>	<b>1.562</b>	<b>1.652</b>	<b>1.471</b>
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)		<b>1.656</b>			
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		<b>6.382</b>			

**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por los solicitantes en el laboratorio

**CAMPUS HUARAZ**  
 Av. Independencia 1488  
 Barrio: Palmira Baja,  
 Independencia - Huaraz  
 Telf: (043) 483031



**UCV**  
 TFC VICTOR HUGO VILLANUEVA NAJARRO  
 LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL  
 REG 5263P  
 UCV HUARAZ



**Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda**  
 Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### ENSAYO COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:141, ASTM D1557)

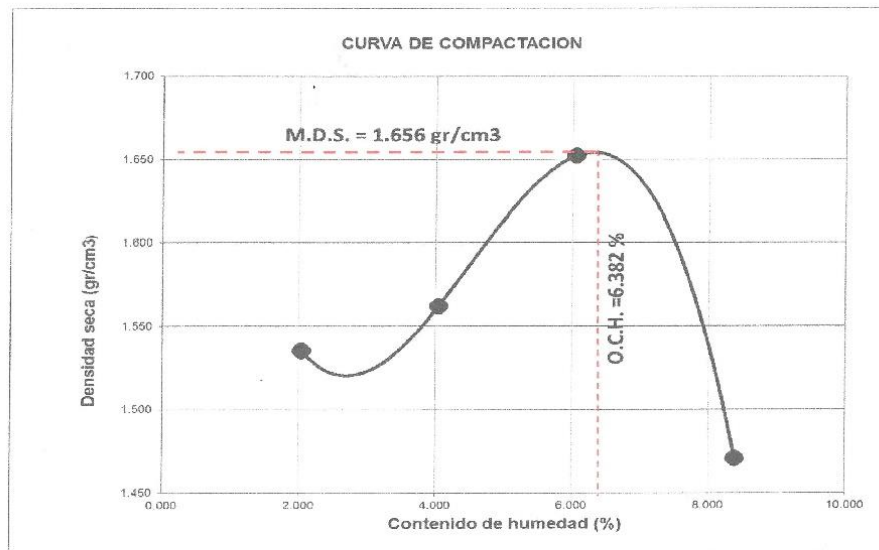
**TESIS :** ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018

**TESISTAS:** ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER  
VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN

**ASUNTO:** ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

**LUGAR :** DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH

**CALICATA:** C-01 MUESTRA PATRON **PROFUNDIDAD:** 1.50 mts



**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por los solicitantes en el laboratorio

**CAMPUS HUARAZ**  
Av. Independencia 1488  
Barrio: Palmira Baja,  
Independencia - Huaraz  
Telf: (043) 483031

   
TEC VÍCTOR HUGO VILLANUEVA NAJARRO  
LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL  
REG. 52630  
UCV HUARAZ

   
Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda  
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

  
fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. (NTP 339:145, ASTM D1883)**

**TESIS :** ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018

**TESISTAS:** ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER  
VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN

**CALICATA:** C-01 MUESTRA PATRON **PROFUNDIDAD:** 1.50 mts

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA			
MOLDE N°	1	2	3
N° DE CAPAS	5	5	5
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
MUESTRA	SIN SATURAR	SIN SATURAR	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	2323.00	2323.00	2323.00
PESO DE MOLDE	5102.90	4148.10	5091.80
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	9486.80	8410.10	9289.90
PESO DEL SUELO HUMEDO	4383.90	4262.00	4198.10
DENSIDAD HUMEDA	1.89	1.83	1.81
RECIPIENTE N°	A	B	C
PESO DE RECIPIENTE	27.13	26.19	26.84
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	107.89	118.66	106.34
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	99.80	107.04	94.80
PESO DE AGUA	8.09	11.62	11.54
PESO DE SUELO SECO	72.67	80.85	67.96
CONTENIDO DE HUMEDAD	11.13	14.37	16.98
DENSIDAD SECA	1.70	1.60	1.54

DETERMINACION DE LA EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO (hrs)	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm.	%		mm	%		mm.	%
17/09/2018	12:00	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.0
20/09/2018	12:00	96	51	1.295	1.02	62	1.575	1.25	73	1.854	1.47

C.B.R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO						
PENETRACIÓN (pulg.)	56 GOLPES		25 GOLPES		10 GOLPES	
	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/pul2)	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/pul2)	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/pul2)
0.025	97.1	32.3	42.8	14.2	14.7	4.9
0.050	130.6	43.4	85.8	28.5	38.4	12.8
0.075	188.5	62.6	135.1	44.9	86.8	28.8
0.100	220.4	73.2	175.6	58.3	118.1	39.2
0.150	275.6	91.6	214.8	71.4	133.5	44.4
0.200	305.7	101.6	245.3	81.5	159.4	53.0
0.250	401.5	133.4	285.7	94.9	208.8	69.4
0.300	430.6	143.1	325.8	108.2	224.2	

**CAMPUS HUARAZ**  
Av. Independencia 1488  
Barrio: Palmira Baja,  
Independencia - Huaraz  
Telf: (043) 483031

  
TEC VICTOR HUGO VILLANUEVA NAJARA  
LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL  
REG. E-2034  
UCV HUARAZ

  
**Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda**  
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



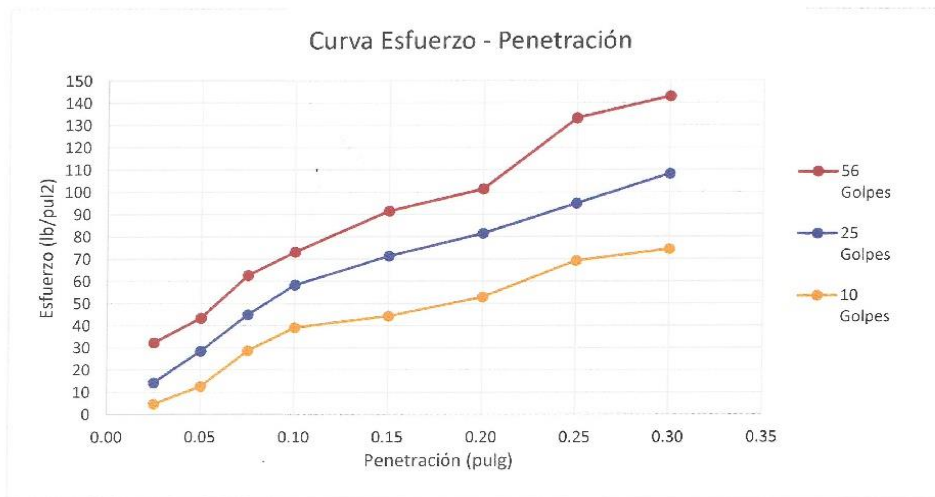


**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. (NTP 339:145, ASTM D1883)**

**TESIS :** ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018

**TESISTAS:** ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER  
VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN

**CALICATA:** C-01 MUESTRA PATRON **PROFUNDIDAD:** 1.50 mts



MOLDE	56 Golpes		25 Golpes		10 Golpes	
Penetración	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"
Esfuerzo Real (lb/pulg <sup>2</sup> )	73.2	101.6	58.3	81.5	39.2	53.0
Esfuerzo Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	1000	1500	1000	1500	1000	1500
C.B.R. (%)	7.32	6.77	5.83	5.43	3.92	3.53

MOLDE	56 Golpes		25 Golpes		10 Golpes	
Penetración (pulg)	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"
C.B.R. (%)	7.32	6.77	5.83	5.43	3.92	3.53
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.70		1.60		1.54	

**CAMPUS HUARAZ**  
Av. Independencia 1488  
Barrio: Palmira Baja,  
Independencia - Huaraz  
Telf: (043) 483031

  
TIC VICTOR HUAYTA VILLALBA MAJARRO  
LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL  
SEG. E-100  
UCV HUARAZ

  
**Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda**  
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

  
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
ESUELA DE ING. CIVIL  
HUARAZ, PERU  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe

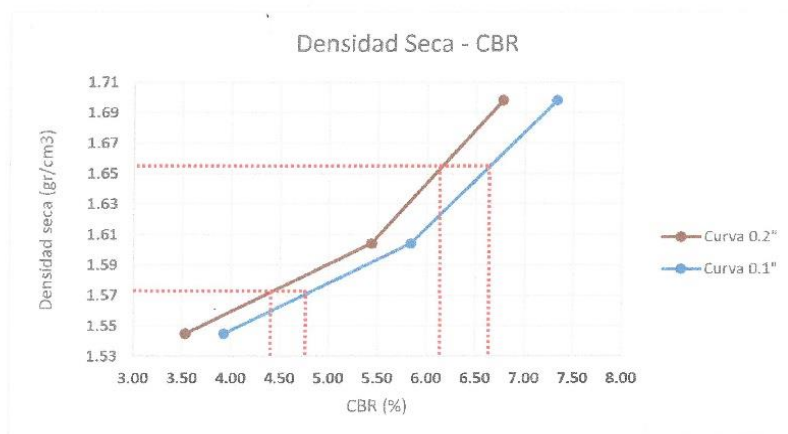
**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. (NTP 339:145, ASTM D1883)**

**TESIS :** ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018

**TESISTAS:** ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER  
VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN

**CALICATA:** C-01 MUESTRA PATRON **PROFUNDIDAD:** 1.50 mts

Molde	Penetración a 0,1"		Penetración a 0,2"	
	CBR (%)	DS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR (%)	DS (gr/cm <sup>3</sup> )
56 Golpes	7.32	1.70	6.77	1.70
25 Golpes	5.83	1.60	5.43	1.60
10 Golpes	3.92	1.54	3.53	1.54



		CBR 0.1"	CBR 0.2"
Max Ds. 100%	1.656	6.67%	6.16%
95% Max Ds.	1.573	4.81%	4.46%



CBR DISEÑO	4.81%
------------	-------

**CAMPUS HUARAZ**  
Av. Independencia 1488  
Barrio: Palmira Baja,  
Independencia - Huaraz  
Telf: (043) 483031

 **UCV**  
TEC. VÍCTOR HUGO VILLANUEVA NAJARRO  
LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL  
REG 52639  
UCV HUARAZ

 **Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda**  
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

  
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
HUARI  
fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS		<b>ESTRATIGRAFIA</b>	
		EXCAVACIÓN	: C - 01
		NIVEL FREÁTICO	: No se encuentra
		UBICACIÓN	: CARRETERA TRAMO PINAR-MARIAN
<b>TESIS :</b> "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018"			
<b>UBICACIÓN :</b> DISTRITO DE INDEPENDENCIA - PROV. HUARAZ - ANCASH		<b>FECHA :</b> SETIEMBRE DEL 2018	
<b>METODO DE EXCAV.:</b> Manual		<b>ELABORADO POR :</b> VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN	
CLASIFICACION		PRUEBAS DE CAMPO	
PROFUNDIDAD (m)	SÍMBOLOS	GRÁFICO	DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL : COLOR, HUMEDAD NATURAL, PLASTICIDAD, ESTADO NATURAL DE COMPACTIDAD, FORMA DE LAS PARTICULAS, TAMAÑO MÁXIMO DE PIEDRAS, PRESENCIA DE MATERIA ORGÁNICA, ETC.
0.40	Re		SUELO ARCILLOSOS-ARENOSO, SEMI SECO, DE COLOR MARRON CLARO, SEMI COMPACTO, CON PRESENCIA DE RESIDUOS ORGANICOS (TALLOS, RAICES, GRASS Y HOJAS SECAS); ADEMAS GRAVAS DE CARAS FRACTURADAS MENORES A 2"  <b>S / M</b>
1.50	CL		SUELO INORGANICO ARCILLOSO: MEZCLA DE ARENA Y ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD, HUMEDO, DE COLOR MARRON CLARO CON IMPREGNACIONES AMARILLENTAS, SEMI COMPACTO, CON PRESENCIA DE GRAVA FRACTURADA MENOR O IGUAL A 1" Y MATERIA ORGANICA.  <b>M-01</b> <b>NO SE ENCONTRO NAPA FREÁTICA</b>
<b>IDENTIFICACION DE MUESTRAS</b> S/M: Sin muestra M-1: Muestra alterada N° 1 Re : Material de relleno			

**CAMPUS HUARAZ**  
 Av. Independencia 1488  
 Barrio: Palмира Baja,  
 Independencia - Huaraz  
 Telf: (043) 483031

  
**TIC VICTOR HUGO VILLANUEVA**  
 LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL  
 REG. 87639  
 UCV HUARAZ

  
**Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda**  
 Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil







**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**

SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

**ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:128, ASTM D422)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
<b>TESISTAS</b>	ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
<b>ASUNTO</b>	ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
<b>LUGAR</b>	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
<b>CALICATA</b>	C- 02
<b>PROGRESIVA</b>	0+510.02 Km
<b>PROF. (m)</b>	1.50

**TABLA: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

Granulometría por Tamizado: ASTM-D422		
TAMIZ	Abertura (mm)	Acumulado que Pasa (%)
3"	75.000	100.0
2"	50.000	100.0
1 1/2"	37.500	100.0
1"	25.000	100.0
3/4"	19.000	100.0
1/2"	12.500	100.0
3/8"	9.500	99.2
1/4"	6.250	98.5
N°4	4.750	98.0
N°10	2.000	97.2
N°20	0.850	96.5
N°40	0.425	95.2
N°60	0.250	92.2
N°140	0.106	80.7
N°200	0.075	61.4

  
**Victor Hugo Villanueva Najarro**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CERIFICADO Y REGISTRO  
 N° 20600954173

 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ  
  
**Alberto Villanueva Medina**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 99217

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono : FIJO 916826490 - RPM # 949004338 E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
 RUC : 20600954173 REG. INDECOPI CERTF. 95136



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

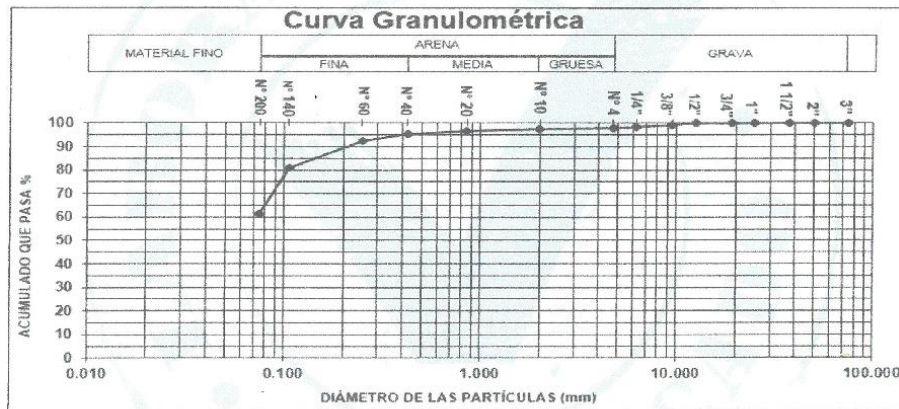
SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

### ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:128, ASTM D422)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.	
TESISTAS	ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN	
ASUNTO	ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	
LUGAR	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH	
CALICATA	C-02	PROFUNDIDAD: 1.50 mts



Resultados; ASTM-D2487/D3282		
<b>Coefficiente de:</b>	Uniformidad (Cu)	----
	Curvatura	----
	Grava (No 4 < Diam < 2")	2.0
	Arena (No 200 < Diam < No 4)	36.6
	Inicio (Diam < No 200)	61.4
<b>Clasificación:</b>	AASHTO	A-6 (9)
	SUCS	CL
	ES UNA ARCILLA CON BAJA PLASTICIDAD	

*[Signature]*  
Vilma Villemueva Najarro  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
SERVICIO DE INVESTIGACIÓN

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
*[Signature]*  
Alberto Villarueva Medina  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 95217

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
Telefono : FIJO 916826490 - RPM # 949004338 E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
RUC : 20600954173 REG. INDECOPI CERTIF. 95136



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL**

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:127, ASTM D2216)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
TESISTAS	ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
ASUNTO	ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
LUGAR	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
CALICATA	C-02
MUESTRA	M-01
PROGRESIVA	0+510.02 Km
PROF. (m)	1.50

TABLA: CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

Humedad ( ASTM D2216)				
N° DEL RECIPIENTE		M1	M2	
PESO DEL RECIPIENTE	(g)	31.25	27.94	
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	(g)	193.49	175.01	
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	170.60	153.70	
PESO DEL AGUA CONTENIDA	(g)	22.89	21.31	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	139.35	125.76	<b>PROMEDIO</b>
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	<b>16.43</b>	<b>16.94</b>	<b>16.69</b>

  
 Victor Hugo Miltenueva Najarro  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y ASFALTO

  
 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 Alberto Miltenueva Medina  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 98217





LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
 ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

**ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG**

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:129, ASTM D4318-84)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.	
TESISTAS	ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN	
ASUNTO	ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG	
LUGAR	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH	
CALICATA	C-02	PROFUNDIDAD: 1.50 mts

TABLA: LÍMITE LÍQUIDO

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM-D4318)				
Nº RECIPIENTE		1	2	3
NÚMERO DE GOLPES		16	21	30
PESO RECIPIENTE	(g)	2.92	4.51	4.25
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(g)	7.39	8.42	8.52
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	6.42	7.74	8.20
PESO DEL AGUA	(g)	0.97	0.68	0.32
PESO DEL SUELO SECO	(g)	3.50	3.23	3.95
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	27.71	21.05	8.10
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	(%)	<b>15.94</b>		

TABLA: LÍMITE PLÁSTICO

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM-D4318)			
Nº RECIPIENTE		1	2
PESO RECIPIENTE	(g)	5.71	2.54
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(g)	7.50	4.56
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	7.45	4.47
PESO DEL AGUA	(g)	0.05	0.09
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1.74	1.93
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	2.87	4.66
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	(%)	<b>3.77</b>	

  
 Victor Hugo Villanueva Najarro  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

  
 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 Alberto Villanueva Medina  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 96217

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono : FIJO 916826490 - RPM # 949004338 E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
 RUC : 20600954173 REG. INDECOPI CERTF. 95136



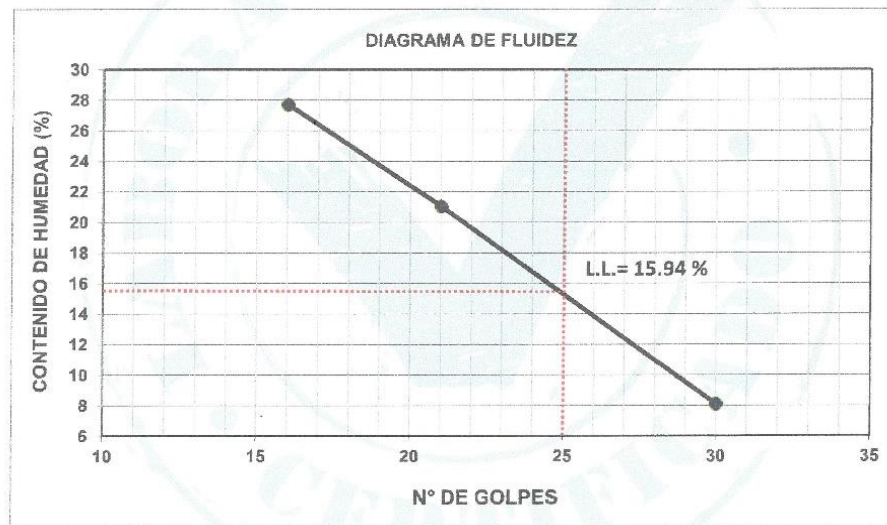
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG**

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:129, ASTM D4318-84)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.	
<b>TESISTAS</b>	ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN	
<b>ASUNTO</b>	ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG	
<b>LUGAR</b>	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH	
<b>CALICATA</b>	C-02	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50 mts



<b>Límites de Consistencia ASTM-D427</b>	
ASTM-D4318	
Límite Líquido (%)	<b>15.94</b>
Límite Plástico (%)	<b>3.77</b>
Índice de Plasticidad (%)	<b>12.17</b>

**Victor Hugo Villanueva Najatto**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y ASFALTO  
 INGENIERO CIVIL

**ALBERTO VILLANUEVA NIZADIRA**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 90217

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono : FIJO 916826490 - RPM # 949004338 E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
 RUC : 20600954173 REG. INDECOPI CERTIF. 95136



**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS		<b>ESTRATIGRAFIA</b>	
		EXCAVACIÓN	: C - 02
		NIVEL FREÁTICO	: No se encuentra
		UBICACIÓN	: CARRETERA TRAMO PINAR-MARIAN
TESIS :	"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018"		
UBICACIÓN :	DISTRITO DE INDEPENDENCIA - PROV. HUARAZ - ANCASH	FECHA	: SETIEMBRE DEL 2018
METODO DE EXCAV.:	Manual	ELABORADO POR	: ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER : VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
CLASIFICACION		PRUEBAS DE CAMPO	
PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLO S	GRÁFICO	DESCRIPCION Y CLASIFICACION DEL MATERIAL : COLOR, HUMEDAD NATURAL, PLASTICIDAD, ESTADO NATURAL DE COMPACIDAD, FORMA DE LAS PARTICULAS, TAMAÑO MAXIMO DE PIEDRAS, PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA, ETC.
0.40	Re		SUELO ARCILLOSOS-ARENOSO, SEMI SECO, DE COLOR MARRON OSCURO, SEMI COMPACTO, CON PRESENCIA DE GRASS, ADEMAS GRAVAS DE CARAS FRACTURADAS MENORES A 2" Y RESTOS DE GRASS  S / M
1.50	CL		SUELO INORGANICO ARCILLOSO: MEZCLA DE ARENA Y ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD, HUMEDO, DE COLOR MARRON CLARO, SEMI COMPACTO, CON PRESENCIA DE GRAVA FRACTURADA MENOR O IGUAL A 1" Y MATERIA ORGANICA.  M-01 NO SE ENCONTRO NAPA FREATICA
<b>IDENTIFICACION DE MUESTRAS</b>			
S/M: Sin muestra			
M-1: Muestra alterada N° 1			
Re : Material de relleno			

Victor Hugo Villanueva Najarta  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CIP. 90217

ALBERTO VILLANUEVA MEDINA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 90217

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono : FIJO 916826490 - RPM # 949004338 E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
 RUC : 20600954173 REG. INDECOPI CERTF. 95136





**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**

SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:128, ASTM D422)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
<b>TESISTAS</b>	ESPIÑOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
<b>ASUNTO</b>	ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
<b>LUGAR</b>	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
<b>CALICATA</b>	C-03
<b>PROGRESIVA</b>	1+114.58 Km
<b>PROF. (m)</b>	1.50

**TABLA: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

Granulometría por Tamizado: ASTM-D422		
TAMIZ	Abertura (mm)	Acumulado que Pasa (%)
3"	75.000	100.0
2"	50.000	100.0
1 1/2"	37.500	100.0
1"	25.000	100.0
3/4"	19.000	100.0
1/2"	12.500	100.0
3/8"	9.500	98.9
1/4"	6.250	98.2
N°4	4.750	97.6
N°10	2.000	96.7
N°20	0.850	96.0
N°40	0.425	94.5
N°60	0.250	91.5
N°140	0.106	79.8
N°200	0.075	59.9

  
Eneko Villanueva Najarro  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO  
CIP. 92617

 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
  
Alberto Villanueva Medina  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 90217



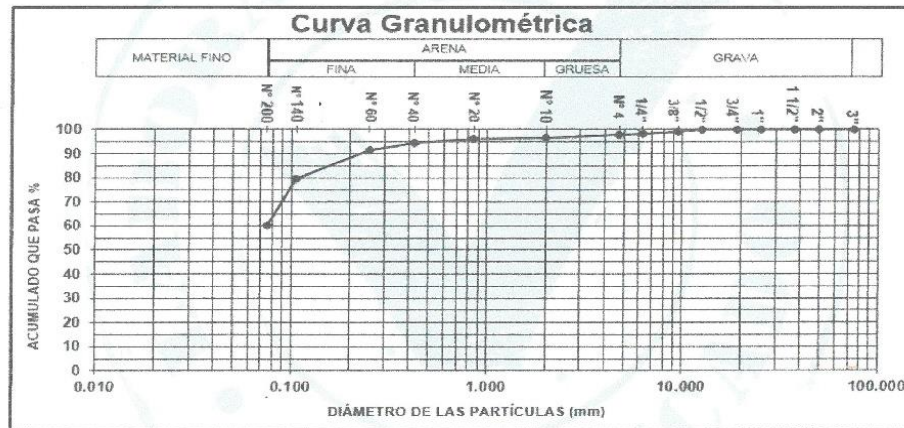
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
 ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

**ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:128, ASTM D422)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.	
<b>TESISTAS</b>	ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN	
<b>ASUNTO</b>	ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	
<b>LUGAR</b>	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH	
<b>CALICATA</b>	C-03	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50 mts



Resultados; ASTM-D2487/D3282	
<b>Coefficiente de:</b>	Uniformidad (Cu) -----
	Curvatura -----
	Grava (No 4 < Diam < 2") 2.4
	Arena (No 200 < Diam < No 4) 37.7
	Inicio (Diam < No 200) 59.9
<b>Clasificación:</b>	AASHTO A-6 (9)
	SUCS CL
	ES UNA ARCILLA CON BAJA PLASTICIDAD

*[Signature]*  
 Víctor Hugo Villanueva Najasto  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 INGENIERO EN PAVIMENTOS

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ  
*[Signature]*  
 Alberto Villanueva Medina  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 96217

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono : FIJO 916826490 - RPM # 949004338 E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
 RUC : 20600954173 REG. INDECOPI CERTF. 95136





**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**

SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL**

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:127, ASTM D2216)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
TESISTAS	ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
ASUNTO	ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
LUGAR	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
CALICATA	C-03
MUESTRA	M-01
PROGRESIVA	1+114.58 Km
PROF. (m)	1.50

**TABLA: CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL**

Humedad ( ASTM D2216)				
N° DEL RECIPIENTE		M1	M2	
PESO DEL RECIPIENTE	(g)	20.65	19.23	
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	(g)	154.23	149.02	
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	135.40	131.09	
PESO DEL AGUA CONTENIDA	(g)	18.83	17.93	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	114.75	111.86	<b>PROMEDIO</b>
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	<b>16.41</b>	<b>16.03</b>	<b>16.22</b>

  
 Victor Hugo Villanueva Wajarro  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 TECNICO CALIFICADO  
 CIP. 96217

  
 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 Alberto Villanueva Medina  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 96217



**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

### ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:129, ASTM D4318-84)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.	
<b>TESISTAS</b>	ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN	
<b>ASUNTO</b>	ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG	
<b>LUGAR</b>	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH	
<b>CALICATA</b>	C-03	<b>PROFUNDIDAD: 1.50 mts</b>

**TABLA: LÍMITE LÍQUIDO**

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM-D4318)				
Nº RECIPIENTE		1	2	3
NÚMERO DE GOLPES		17	26	31
PESO RECIPIENTE	(g)	3.06	2.99	3.01
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(g)	11.43	9.92	10.60
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	9.58	9.03	10.21
PESO DEL AGUA	(g)	1.85	0.89	0.39
PESO DEL SUELO SECO	(g)	6.52	6.04	7.20
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	28.37	14.74	5.42
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	(%)	<b>16.15</b>		

**TABLA: LÍMITE PLÁSTICO**

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM-D4318)			
Nº RECIPIENTE		1	2
PESO RECIPIENTE	(g)	5.23	6.02
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(g)	10.21	12.43
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	9.95	12.22
PESO DEL AGUA	(g)	0.26	0.21
PESO DEL SUELO SECO	(g)	4.72	6.20
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	5.51	3.39
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	(%)	<b>4.45</b>	

  
**Victor Hugo Villanueva Rojas**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 COLABORADOR Y ADMINISTRATIVO  
 CIP. 95249-1

  
**Alberto Villanueva Medina**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 90217

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono : FIJO 916826490 - RPM # 949004338 E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
 RUC : 20600954173 REG. INDECOPI CERTIF. 95136

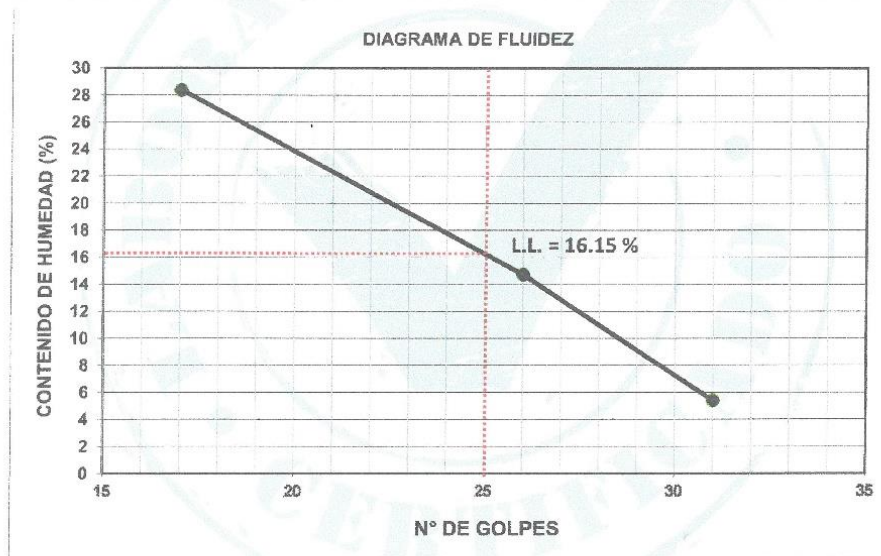


**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**  
**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG**

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:129, ASTM D4318-84)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.	
TESISTAS	ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN	
ASUNTO	ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG	
LUGAR	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH	
CALICATA	C-03	<b>PROFUNDIDAD: 1.50 mts</b>



<b>Límites de Consistencia ASTM-D427</b>	
ASTM-D4318	
Límite Líquido (%)	<b>16.15</b>
Límite Plástico (%)	<b>4.45</b>
Índice de Plasticidad (%)	<b>11.70</b>

  
**Victor Hugo Villanueva Najara**  
 ESPECTRISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 C.I.B. 52293

  
 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
**Alberto Villarosa Medina**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.F. 99317

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono : FJO 916826490 - RPM # 949004338 E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
 RUC : 20600954173 REG. INDECOPI CERTF. 95136





**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**

SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS		<b>ESTRATIGRAFIA</b>	
		EXCAVACIÓN	: C - 03
		NIVEL FREÁTICO	: No se encuentra
		UBICACIÓN	: CARRETERA TRAMO PINAR-MARIAN
TESIS :	"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018"		
UBICACIÓN :	DISTRITO DE INDEPENDENCIA - PROV. HUARAZ - ANCASH	FECHA	: SETIEMBRE DEL 2018
METODO DE EXCAV.:	Manual	ELABORADO POR	: ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
	CLASIFICACION	PRUEBAS DE CAMPO	
PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLOS	GRÁFICO	HUMEDAD (%)
			DESCRIPCION Y CLASIFICACION DEL MATERIAL : COLOR, HUMEDAD NATURAL, PLASTICIDAD, ESTADO NATURAL DE COMPACIDAD, FORMA DE LAS PARTICULAS, TAMAÑO MÁXIMO DE PIEDRAS, PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA, ETC.
0.40	Re		SUELO ARCILLOSOS-ARENOSO, SEMI SECO, DE COLOR MARRON OSCURO, SEMI COMPACTO, CON PRESENCIA DE RESIDUOS ORGANICOS (GRASS, TALLOS, RAÍCES, BOLSAS); ADEMAS GRAVAS DE CARAS FRACTURADAS MENORES A 2" Y RESTOS DE GRASS
			S / M
1.50	CL		16.22
			SUELO INORGANICO ARCILLOSO: MEZCLA DE ARENA Y ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD, HUMEDO, DE COLOR MARRON CLARO, SEMI COMPACTO, CON PRESENCIA DE GRAVA FRACTURADA MENOR O IGUAL A 1" Y MATERIA ORGANICA.
			M-01
			NO SE ENCONTRO NAPA FREÁTICA
<b>IDENTIFICACION DE MUESTRAS</b>			
S/M: Sin muestra			
M-1: Muestra alterada N° 1			
Re : Material de relleno			

Victor Hugo Villanueva Najarro  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
CON CERTIFICADO  
REG. INDECOPI 20260954173

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
Alberto Villanueva Medina  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 96217

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
Telefono : FIJO 916826490 - RPM # 949004338 E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
RUC : 20600954173 REG. INDECOPI CERTF. 95136



**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**

SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG**

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:129, ASTM D4318-84)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
<b>TESISTAS</b>	ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
<b>ASUNTO</b>	ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG
<b>LUGAR</b>	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
<b>CALICATA</b>	C-01 CON ADICIÓN DE 10% DE CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR

TABLA: LÍMITE LÍQUIDO

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM-D4318)				
Nº RECIPIENTE		1	2	3
NÚMERO DE GOLPES		14	23	29
PESO RECIPIENTE	(g)	2.56	2.34	2.52
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(g)	10.02	8.78	9.38
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	8.55	7.93	8.82
PESO DEL AGUA	(g)	1.47	0.85	0.56
PESO DEL SUELO SECO	(g)	5.99	5.59	6.30
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	24.54	15.21	8.89
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	(%)	<b>13.28</b>		

TABLA: LÍMITE PLÁSTICO

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM-D4318)			
Nº RECIPIENTE		1	2
PESO RECIPIENTE	(g)	4.56	8.89
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(g)	10.33	12.65
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	10.23	12.59
PESO DEL AGUA	(g)	0.10	0.06
PESO DEL SUELO SECO	(g)	5.67	3.70
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	1.76	1.62
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	(%)	<b>1.69</b>	

  
**Victor Hugo Villanueva Najarro**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CIP. 92217

  
 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ  
**Alberto Milante Medina**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 92217



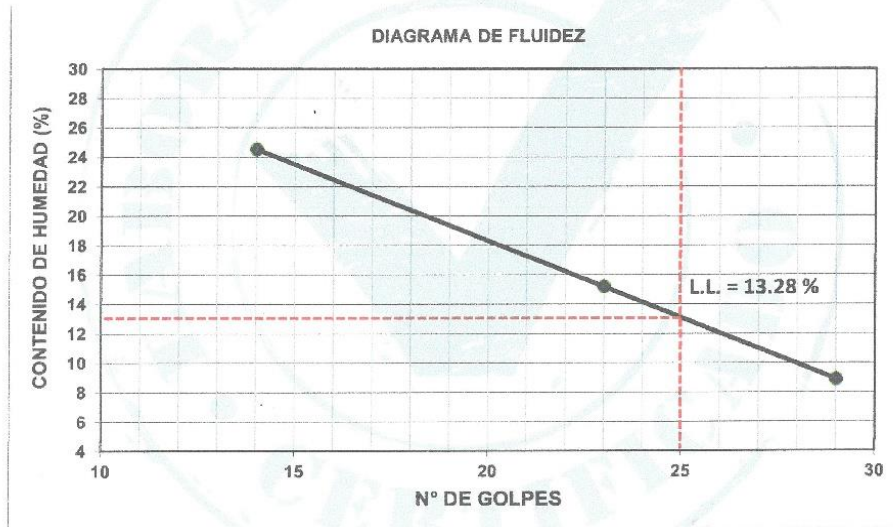
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
 ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

**ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG**

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:129, ASTM D4318-84)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
<b>TESISTAS</b>	ESPIÑOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
<b>ASUNTO</b>	ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG
<b>LUGAR</b>	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
<b>CALICATA</b>	C-01 CON ADICIÓN DE 10% DE CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR



<b>Límites de Consistencia ASTM-D427</b>	
ASTM-D4318	
Límite Líquido (%)	<b>13.28</b>
Límite Plástico (%)	<b>1.69</b>
Índice de Plasticidad (%)	<b>11.59</b>

  
 Victor Hugo Villanueva Najarro  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 DISTRITO DE INDEPENDENCIA

 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
  
 Alejandro Villanueva Medina  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 98217

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono : FIJO 916826490 - RPM # 949004338 E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
 RUC : 20600954173 REG. INDECOPI CERTF. 95136





LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
 ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

**ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG**

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:129, ASTM D4318-84)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
TESISTAS	ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
ASUNTO	ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG
LUGAR	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
CALICATA	C-01 CON ADICIÓN DE 20% DE CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR

TABLA: LÍMITE LÍQUIDO

Nº RECIPIENTE		1	2	3
NÚMERO DE GOLPES		13	24	31
PESO RECIPIENTE	(g)	3.02	2.66	2.95
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(g)	8.65	8.72	9.02
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	7.64	8.08	8.85
PESO DEL AGUA	(g)	1.01	0.64	0.17
PESO DEL SUELO SECO	(g)	4.62	5.42	5.90
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	21.86	11.81	2.88
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	<b>10.56</b>		

TABLA: LÍMITE PLÁSTICO

Nº RECIPIENTE		1	2
PESO RECIPIENTE	(g)	4.52	4.68
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(g)	12.23	12.75
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	12.16	12.69
PESO DEL AGUA	(g)	0.07	0.06
PESO DEL SUELO SECO	(g)	7.64	8.01
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	0.92	0.75
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	<b>0.83</b>	

  
 Victor Hugo Villanueva Najero  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ  
 CIP. 98217

  
 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ  
 Alberto Villanueva Medina  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 98217



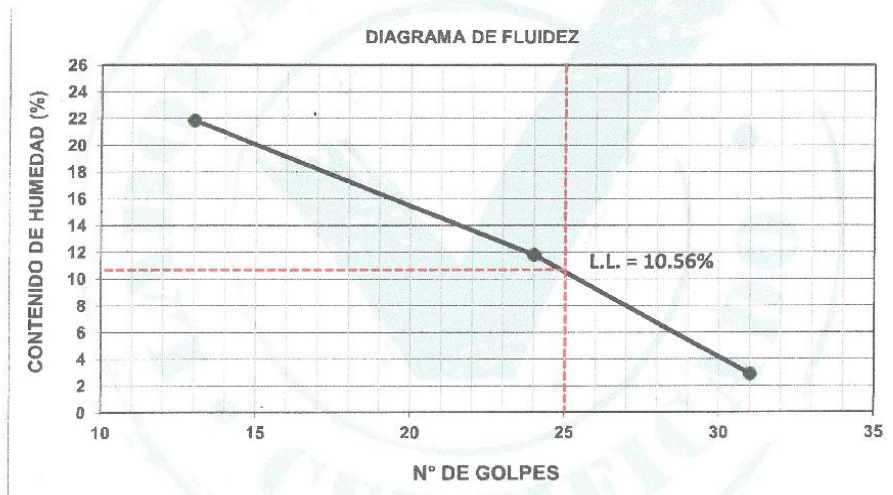
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG**

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:129, ASTM D4318-84)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
<b>TESISTAS</b>	ESPIÑOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
<b>ASUNTO</b>	ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG
<b>LUGAR</b>	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
<b>CALICATA</b>	C-01 CON ADICIÓN DE 20% DE CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR



<b>Límites de Consistencia ASTM-D427</b>	
ASTM-D4318	
Límite Líquido (%)	<b>10.56</b>
Límite Plástico (%)	<b>0.83</b>
Índice de Plasticidad (%)	<b>9.73</b>

**Victor Hugo Villanueva Najarro**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y ASFALTO  
 C.I.P. 92623

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ  
**Alberto Villanueva Medina**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 96217

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono : FIJO 916826490 - RPM # 949004338 E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
 RUC : 20600954173 REG. INDECOPI CERTF. 95136





**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**

SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

**ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG**

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:129, ASTM D4318-84)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
<b>TESISTAS</b>	ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
<b>ASUNTO</b>	ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG
<b>LUGAR</b>	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
<b>CALICATA</b>	C-01 CON ADICIÓN DE 30% DE CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR

TABLA: LÍMITE LÍQUIDO

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM-D4318)				
Nº RECIPIENTE		1	2	3
NÚMERO DE GOLPES		15	26	30
PESO RECIPIENTE	(g)	2.62	3.21	3.12
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(g)	11.67	12.54	12.22
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	10.01	11.55	11.61
PESO DEL AGUA	(g)	1.66	0.99	0.61
PESO DEL SUELO SECO	(g)	7.39	8.34	8.49
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	22.46	11.87	7.18
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	(%)	<b>12.92</b>		

TABLA: LÍMITE PLÁSTICO

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM-D4318)			
Nº RECIPIENTE		1	2
PESO RECIPIENTE	(g)	3.62	4.25
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(g)	8.32	9.76
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	8.29	9.71
PESO DEL AGUA	(g)	0.03	0.05
PESO DEL SUELO SECO	(g)	4.67	5.46
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	0.64	0.92
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	(%)	<b>0.78</b>	

  
 Victor Hugo Villanueva Najarro  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 POR CHOCHO Y ASFALTO  
 CIP. 95217

  
 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ  
 Alberto Villanueva Medina  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 95217



**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**

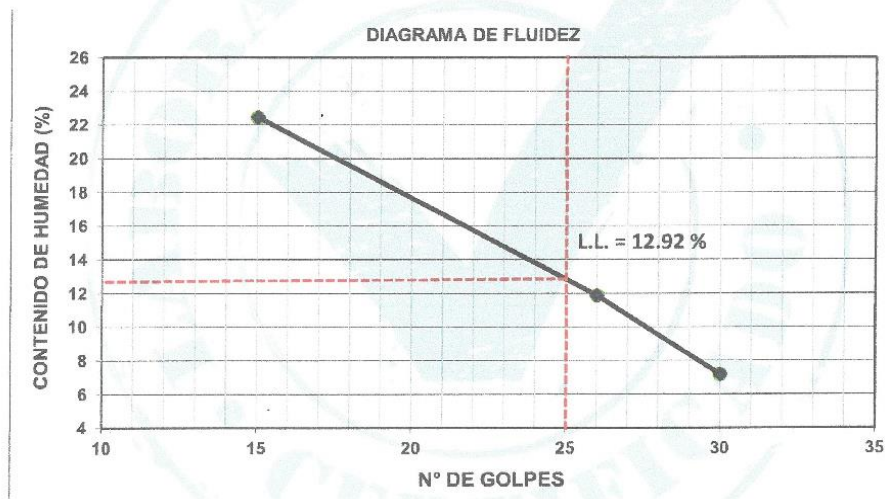
SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

**ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG**

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:129, ASTM D4318-84)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
TESISTAS	ESPIÑOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
ASUNTO	ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG
LUGAR	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
CALICATA	C-01 CON ADICIÓN DE 30% DE CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR



Límites de Consistencia ASTM-D427	
ASTM-D4318	
Límite Líquido (%)	<b>12.92</b>
Límite Plástico (%)	<b>0.78</b>
Índice de Plasticidad (%)	<b>12.14</b>

**Victor Pinedo Villanueva Najara**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 C.O.S. 123456789  
 C.U. 52633

**Alberto Villanueva Medina**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 96217



**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**

SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**ENSAYO COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:141, ASTM D1557)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
<b>TESISTAS</b>	ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
<b>ASUNTO</b>	ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO
<b>LUGAR</b>	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
<b>CALICATA</b>	C-01 CON ADICIÓN DE 10% DE CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR

**TABLA: COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

MOLDE N° 01	Volumen de molde(cc) : 943.47	Tipo de Molde: 4"	Temperatura Secado (°C): 110
CAPAS N° 05	Golpes (N°) : 25	Peso de Molde (gr.): 2085.2	Método : A

PROCESO DE COMPACTACIÓN					
PRUEBA	N°	1	2	3	4
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	943.47	943.47	943.47	943.47
PESO SUELO + MOLDE	gr	3484.5	3707.3	3921.9	3786.7
PESO MOLDE	gr	2085.2	2085.2	2085.2	2085.2
PESO SUELO COMPACTADO	gr	1399.3	1622.1	1836.7	1701.5
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm3	1.48	1.72	1.95	1.80
CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE	N°	1	2	3	4
P. MUESTRA H. + TARA	gr	110.03	111.05	108.02	103.23
P. MUESTRA S. + TARA	gr	106.51	105.91	101.59	95.98
PESO DE TARA	gr	25.03	24.56	24.33	25.68
PESO DE AGUA	gr	3.52	5.14	6.43	7.25
PESO MUESTRA SECA	gr	81.48	81.35	77.26	70.30
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.320	6.318	8.323	10.313
DENSIDAD SECA	gr/cm3	1.422	1.617	1.797	1.635
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)		<b>1.802</b>			
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		<b>8.708</b>			

  
Victor Hugo Villanueva Nolasco  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
CONSEJO DE PROFESIONISTOS  
CIP 98217

  
COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
Alberto Villanueva Medina  
INGENIERO CIVIL  
CIP 98217





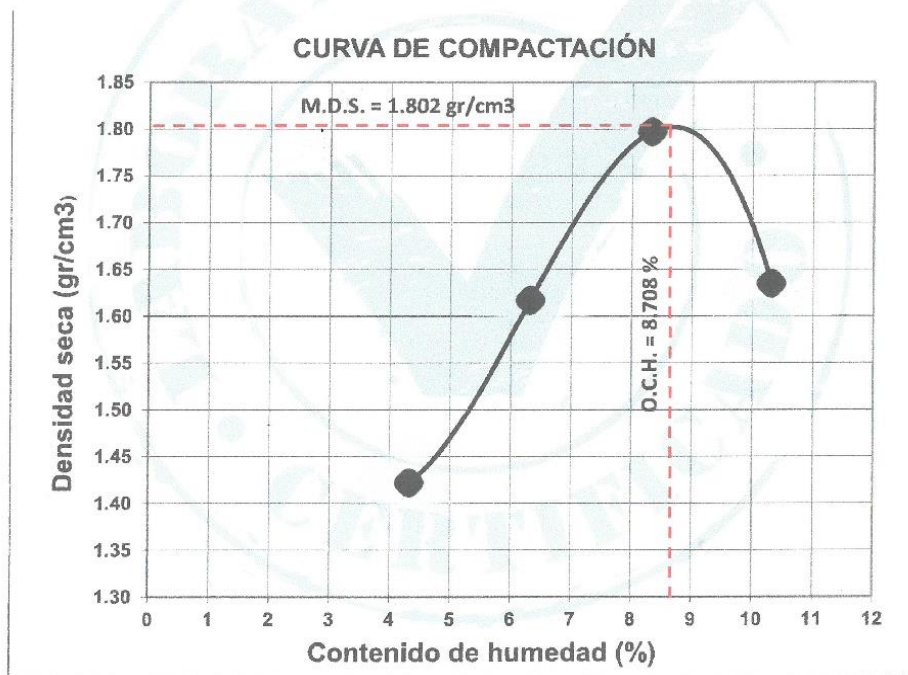
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
 ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

### ENSAYO COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:141, ASTM D1557)

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
TESISTAS	ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
ASUNTO	ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO
LUGAR	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
CALICATA	C-01 CON ADICIÓN DE 10% DE CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR



*[Signature]*  
 Victor Hugo Villanueva Najarro  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y ASFALTO

*[Signature]*  
 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 Alberto Villanueva Medina  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 96217

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono: FJO 916826490 - RPM # 949004338 E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
 RUC : 20600954173 REG. INDECOPI CERTF. 95136



**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**

SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**ENSAYO COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:141, ASTM D1557)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
<b>TESISTAS</b>	ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
<b>ASUNTO</b>	ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO
<b>LUGAR</b>	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
<b>CALICATA</b>	C-01 CON ADICIÓN DE 20% DE CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR

**TABLA: COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

<b>MOLDE N° 01</b>	Volumen de molde(cc) : 943.47	Tipo de Molde: 4"	Temperatura Secado (°C): 110
<b>CAPAS N° 05</b>	Golpes (N°) : 25	Peso de Molde (gr.): 2085.2	Método : A

PROCESO DE COMPACTACIÓN					
PRUEBA	N°	1	2	3	4
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	943.47	943.47	943.47	943.47
PESO SUELO + MOLDE	gr	3534.5	3847.3	3995.9	3834.7
PESO MOLDE	gr	2085.2	2085.2	2085.2	2085.2
PESO SUELO COMPACTADO	gr	1449.3	1762.1	1910.7	1749.5
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm3	1.54	1.87	2.03	1.85
CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE	N°	1	2	3	4
P. MUESTRA H. + TARA	gr	76.54	85.38	68.71	79.60
P. MUESTRA S. + TARA	gr	74.37	81.86	65.86	74.59
PESO DE TARA	gr	31.05	32.12	34.23	33.06
PESO DE AGUA	gr	2.17	3.52	2.85	5.01
PESO MUESTRA SECA	gr	43.32	49.74	31.63	41.53
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	5.009	7.077	9.010	12.064
DENSIDAD SECA	gr/cm3	1.463	1.744	1.858	1.655
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)		1.859			
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		9.567			

Victor Hugo Villanueva Rojas  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
DISTRITO DE INDEPENDENCIA

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
Alberto Villanueva Medina  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 96217



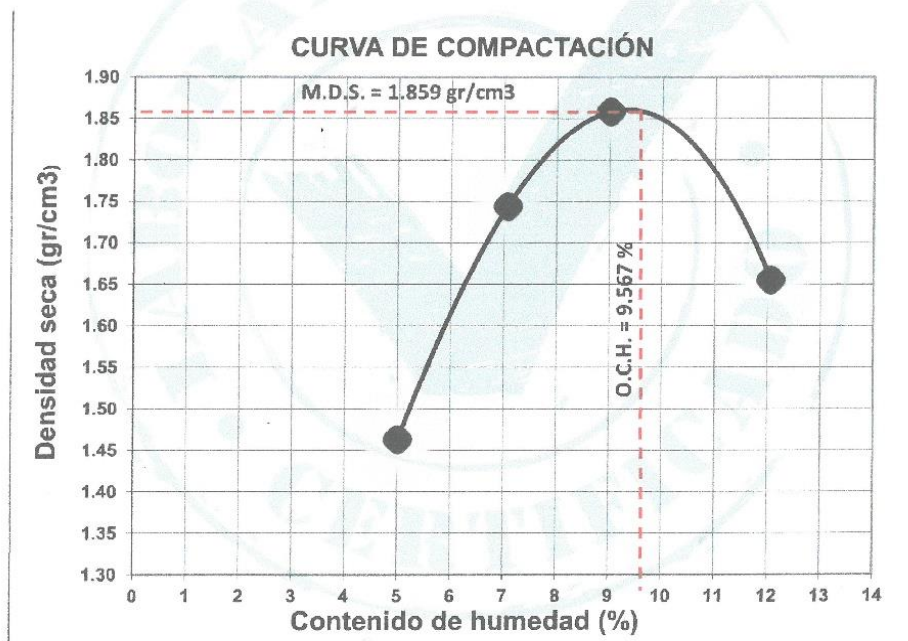
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
 ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

**ENSAYO COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:141, ASTM D1557)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
<b>TESISTAS</b>	ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
<b>ASUNTO</b>	ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO
<b>LUGAR</b>	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
<b>CALICATA</b>	C-01 CON ADICIÓN DE 20% DE CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR



  
 Victor Inno Villanueva Najarro  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CIP. 92457-1

  
 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 Alberto Villanueva Medina  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 98217

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono : FIJO 916826490 - RPM # 949004338 E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
 RUC : 20600954173 REG. INDECOPI CERTF. 95136





**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**

SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**ENSAYO COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:141, ASTM D1557)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
<b>TESISTAS</b>	ESPIÑOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
<b>ASUNTO</b>	ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO
<b>LUGAR</b>	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
<b>CALICATA</b>	C-01 CON ADICIÓN DE 30% DE CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR

**TABLA: COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

MOLDE N° 01	Volumen de molde(cc) : 943.47	Tipo de Molde: 4"	Temperatura Secado (°C): 110
CAPAS N° 05	Golpes (N°) : 25	Peso de Molde (gr.): 2085.2	Método : A

PROCESO DE COMPACTACION					
PRUEBA	N°	1	2	3	4
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	943.47	943.47	943.47	943.47
PESO SUELO + MOLDE	gr	3434.5	3658.3	3875.9	3745.7
PESO MOLDE	gr	2085.2	2085.2	2085.2	2085.2
PESO SUELO COMPACTADO	gr	1349.3	1573.1	1790.7	1660.5
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm3	1.43	1.67	1.90	1.76
CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE	N°	1	2	3	4
P. MUESTRA H. + TARA	gr	112.06	113.08	112.04	102.30
P. MUESTRA S. + TARA	gr	108.57	107.98	105.58	95.36
PESO DE TARA	gr	25.03	24.56	24.33	25.68
PESO DE AGUA	gr	3.49	5.10	6.46	6.94
PESO MUESTRA SECA	gr	83.54	83.42	81.25	69.68
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.178	6.114	7.951	9.960
DENSIDAD SECA	gr/cm3	1.373	1.571	1.758	1.601
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)		1.776			
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		8.321			

  
**Victor Hugo Villanueva Najarro**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONSULTOR Y PRACTICANTE  
 CIP. 95217

  
**Alberto Villanueva Medina**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 95217



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

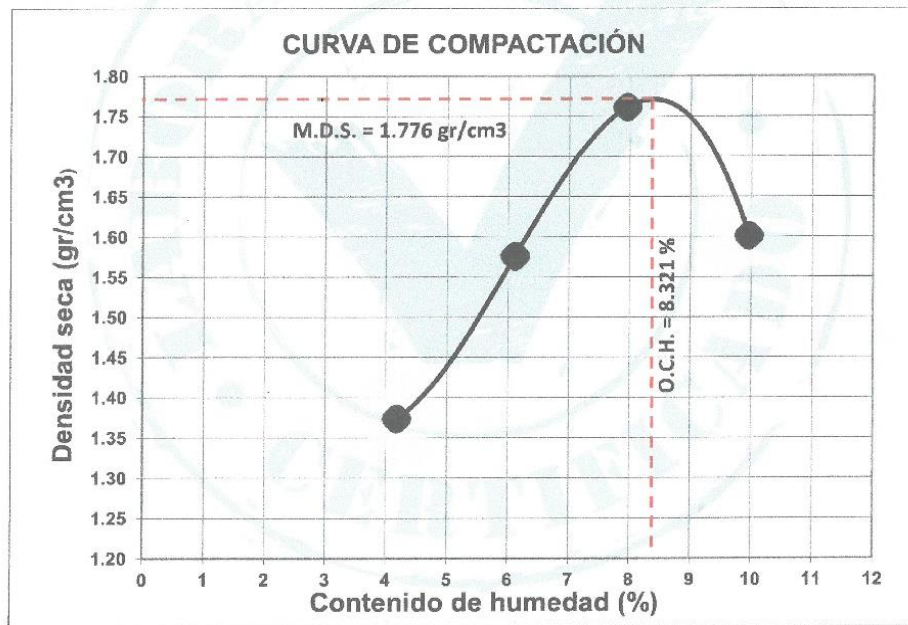
SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

**ENSAYO COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339:141, ASTM D1557)

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
<b>TESISTAS</b>	ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
<b>ASUNTO</b>	ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO
<b>LUGAR</b>	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
<b>CALICATA</b>	C-01 CON ADICIÓN DE 30% DE CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR



*[Signature]*  
Victor Hugo Villanueva Najarro  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
C.O.C.E. 9263

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
*[Signature]*  
Alberto Villanueva Medina  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 96217

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
Telefono : FJJO 916826490 - RPM # 949004338 E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
RUC : 20600954173 REG. INDECOPI CERTF. 95136





**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. (NTP 339:145, ASTM D1883)**

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
<b>TESISTAS</b>	ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
<b>LUGAR</b>	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
<b>CALICATA</b>	C-01 CON ADICIÓN DE 10% DE CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA			
MOLDE N°	1	2	3
N° DE CAPAS	5	5	5
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
MUESTRA	SIN SATURAR	SIN SATURAR	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	2323.00	2323.00	2323.00
PESO DE MOLDE	5103.60	4152.20	5093.70
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	9646.30	8548.70	9414.70
PESO DEL SUELO HUMEDO	4542.70	4396.50	4321.00
DENSIDAD HUMEDA	1.96	1.89	1.86
RECIPIENTE N°	A	B	C
PESO DE RECIPIENTE	13.33	15.20	13.03
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	74.16	62.02	62.13
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	71.21	58.54	57.46
PESO DE AGUA	2.95	3.48	4.67
PESO DE SUELO SECO	57.88	43.34	44.43
CONTENIDO DE HUMEDAD	5.10	8.03	10.51
DENSIDAD SECA	1.86	1.75	1.68

DETERMINACION DE LA EXPANSIÓN												
FECHA	HORA	TIEMPO (hrs)	56 GOLPES				25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		
				mm.	%		mm.	%		mm.	%	
21/09/2018	12:00 p.m.	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.0	
24/09/2018	12:00 p.m.	96	18	0.457	0.36	23	0.584	0.46	27	0.686	0.54	

C.B.R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO						
PENETRACIÓN (pulg.)	56 GOLPES		25 GOLPES		10 GOLPES	
	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/pul2)	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/pul2)	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/pul2)
0.025	115.3	38.3	90.1	29.9	70.3	23.4
0.050	146.9	48.8	123.5	41.0	96.1	31.9
0.075	240.4	79.9	210.2	69.8	175.2	58.2
0.100	410.8	136.5	370.3	123.0	336.5	111.8
0.150	470.6	156.3	405.7	134.8	370.8	123.2
0.200	557.4	185.2	498.5	165.6	451.9	150.1
0.250	582.3	193.5	535.7	178.0	465.6	154.7
0.300	606.7	201.6	568.6	188.9	502.3	166.9

  
**Victor Hugo Villanueva Najarro**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 PUNTO DE EMPLEO  
 P.C. 92629


**COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU**  
  
**Alberto Villanueva Medina**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 96217

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono : FIJO 916826490 - RPM # 949004338 E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
 RUC : 20600954173 REG. INDECOPI CERT. 95136

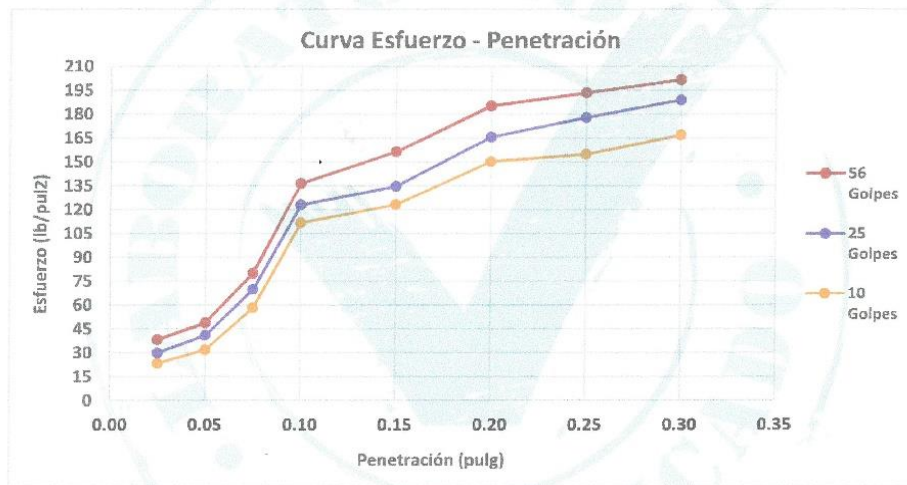


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
 ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. (NTP 339:145, ASTM D1883)**

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
<b>TESISTAS</b>	ESPIÑOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
<b>LUGAR</b>	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
<b>CALICATA</b>	C-01 CON ADICIÓN DE 10% DE CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR



MOLDE	56 Golpes		25 Golpes		10 Golpes	
Penetración	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"
Esfuerzo Real (lb/pulg <sup>2</sup> )	136.5	185.2	123.0	165.6	111.8	150.1
Esfuerzo Patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	1000	1500	1000	1500	1000	1500
C.B.R. (%)	13.65	12.35	12.30	11.04	11.18	10.01

MOLDE	56 Golpes		25 Golpes		10 Golpes	
Penetración (pulg)	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"
C.B.R. (%)	13.65	12.35	12.30	11.04	11.18	10.01
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.86		1.75		1.68	

Victor Ene Villanueva Najarro  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 C.O.P. 12. 0266979

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ  
 Ailsro Villanueva Medina  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 98217

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono : FIJO 916826490 - RPM # 949004338 E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
 RUC : 20600954173 REG. INDECOPI CERTF. 95136



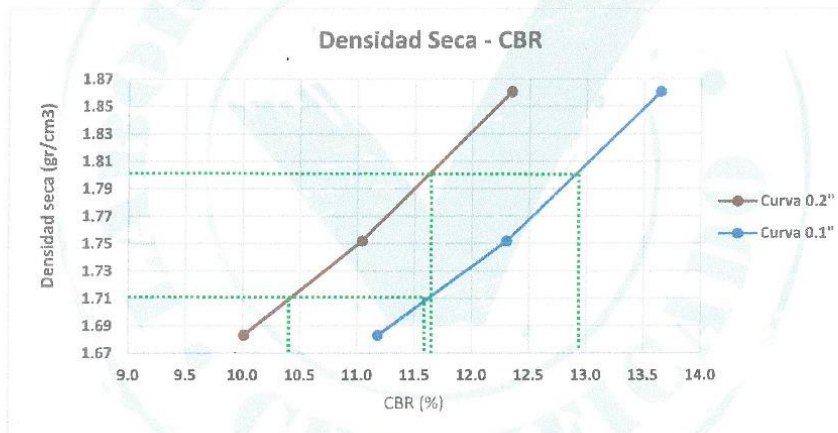
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. (NTP 339:145, ASTM D1883)**

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
<b>TESISTAS</b>	ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
<b>LUGAR</b>	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
<b>CALICATA</b>	C-01 CON ADICIÓN DE 10% DE CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR

Molde	Penetración a 0,1"		Penetración a 0,2"	
	CBR (%)	DS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR (%)	DS (gr/cm <sup>3</sup> )
56 Golpes	13.65	1.86	12.35	1.86
25 Golpes	12.30	1.75	11.04	1.75
10 Golpes	11.18	1.68	10.01	1.68



		CBR 0,1"	CBR 0,2"
Max. Ds. 100%	1.802	12,93%	11,64%
95% Max. Ds.	1.712	11,56%	10,45%

<b>CBR DISEÑO</b>	<b>11.56%</b>
-------------------	---------------

**Victor Hugo Villanueva Bajazo**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 COLABORADOR Y PERITO - INATE  
 CIP 10234 - 69 22 85 02 52

**Alberto Villanueva Medina**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 96217





LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. (NTP 339:145, ASTM D1883)**

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
TESISTAS	ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
LUGAR	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
CALICATA	C-01 CON ADICIÓN DE 20% DE CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA			
MOLDE N°	1	2	3
N° DE CAPAS	5	5	5
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
MUESTRA	SIN SATURAR	SIN SATURAR	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	2323.00	2323.00	2323.00
PESO DE MOLDE	5105.80	4158.60	5093.70
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	9723.20	8621.10	9486.10
PESO DEL SUELO HUMEDO	4617.40	4462.50	4392.40
DENSIDAD HUMEDA	1.99	1.92	1.89
RECIPIENTE N°	A	B	C
PESO DE RECIPIENTE	14.52	16.30	14.23
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	75.17	63.15	65.16
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	72.89	61.31	61.35
PESO DE AGUA	2.28	1.84	3.81
PESO DE SUELO SECO	58.37	45.01	47.12
CONTENIDO DE HUMEDAD	3.91	4.09	8.09
DENSIDAD SECA	1.91	1.85	1.75

DETERMINACION DE LA EXPANSIÓN												
FECHA	HORA	TIEMPO (hrs)	56 GOLPES				25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		
				mm.	%		mm	%		mm.	%	
24/09/2018	12:00 p.m.	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.0	
27/09/2018	12:00 p.m.	96	4	0.102	0.08	9	0.229	0.18	12	0.305	0.24	

C.B.R. FACTOR DE DEFORMACIÓN DEL ANILLO						
PENETRACIÓN (pulg.)	56 GOLPES		25 GOLPES		10 GOLPES	
	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/pul2)	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/pul2)	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/pul2)
0.025	305.7	101.6	185.3	61.6	140.3	46.6
0.050	380.6	126.4	285.6	94.9	235.1	78.1
0.075	460.4	153.0	376.2	125.0	320.6	106.5
0.100	572.7	190.3	493.9	164.1	448.2	148.9
0.150	695.1	230.9	577.3	191.8	506.8	168.4
0.200	776.5	258.0	686.2	228.0	618.6	205.5
0.250	868.8	288.6	775.3	257.6	668.9	222.2
0.300	892.8	296.6	835.4	277.5	747.5	248.3

Victor Hugo Villanueva Najarro  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ  
Alberto Villalobos Medina  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 89217

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
Telefono : FIJO 916826490 - RPM # 949004338 E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
RUC : 20600954173 REG. INDECOPI CERTF. 95136

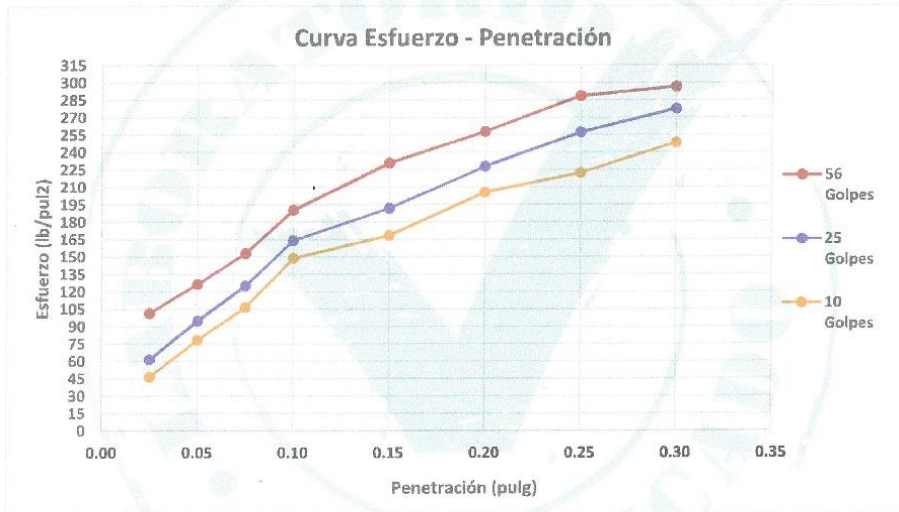


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
 ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. (NTP 339:145, ASTM D1883)**

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
TESISTAS	ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
LUGAR	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
CALICATA	C-01 CON ADICIÓN DE 20% DE CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR



MOLDE	56 Golpes		25 Golpes		10 Golpes	
Penetracion	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"
Esfuerzo Real (lb/pulg2)	190.3	258.0	164.1	228.0	148.9	205.5
Esfuerzo Patrón (lb/pulg2)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
C.B.R. (%)	19.03	17.20	16.41	15.20	14.89	13.70

MOLDE	56 Golpes		25 Golpes		10 Golpes	
Penetracion (pulg)	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"
C.B.R. (%)	19.03	17.20	16.41	15.20	14.89	13.70
Densidad Seca (gr/cm3)	1.91		1.85		1.75	

Victor Hugo Villanueva Najayo  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y ASFALTO  
 CIP. 95217

ALBERTO VILLANUEVA MEDINA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 96217

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono : FIJO 916826490 - RPM # 949004338 E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
 RUC : 20600954173 REG. INDECOPI CERTF. 95136

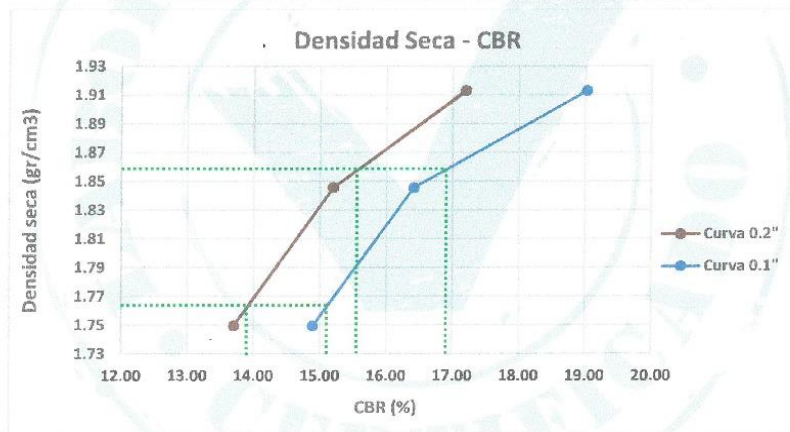


**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**  
**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. (NTP 339:145, ASTM D1883)**

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
<b>TESISTAS</b>	ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
<b>LUGAR</b>	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
<b>CALICATA</b>	C-01 CON ADICIÓN DE 20% DE CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR

Molde	Penetración a 0,1"		Penetración a 0,2"	
	CBR (%)	DS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR (%)	DS (gr/cm <sup>3</sup> )
56 Golpes	19.03	1.91	17.20	1.91
25 Golpes	16.41	1.85	15.20	1.85
10 Golpes	14.89	1.75	13.70	1.75



		CBR 0,1"	CBR 0,2"
Max. Ds. 100%	1.859	16.97%	15.73%
95% Max. Ds.	1.766	15.18%	13.92%

<b>CBR DISEÑO</b>	<b>15.18%</b>
-------------------	---------------

**Victor Hugo Villanueva Bajarro**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CON. INGEN. Y CALIFICADO  
 CIP. 98217

**COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ**  
  
**Alberto Villanueva Medina**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 98217

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono : FIJO 916826490 - RPM # 949004338 E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
 RUC : 20600954173 REG. INDECOPI CERTF. 95136





LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. (NTP 339:145, ASTM D1883)**

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
<b>TESISTAS</b>	ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
<b>LUGAR</b>	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
<b>CALICATA</b>	C-01 CON ADICIÓN DE 30% DE CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA			
MOLDE N°	1	2	3
N° DE CAPAS	5	5	5
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
MUESTRA	SIN SATURAR	SIN SATURAR	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	2323.00	2323.00	2323.00
PESO DE MOLDE	5101.80	4157.60	5098.30
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	9586.10	8495.60	9364.05
PESO DEL SUELO HUMEDO	4484.30	4338.00	4265.75
DENSIDAD HUMEDA	1.93	1.87	1.84
RECIPIENTE N°	A	B	C
PESO DE RECIPIENTE	12.13	11.22	14.03
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	76.12	64.23	65.43
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	73.11	60.97	60.76
PESO DE AGUA	3.01	3.26	4.67
PESO DE SUELO SECO	60.98	49.75	46.73
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.94	6.55	9.99
DENSIDAD SECA	1.84	1.75	1.67

DETERMINACION DE LA EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO (hrs)	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
24/09/2018	12:00 p.m.	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.0
27/09/2018	01:00 p.m.	96	21	0.533	0.42	25	0.635	0.50	30	0.762	0.60

PENETRACIÓN (pulg.)	C.B.R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO					
	56 GOLPES		25 GOLPES		10 GOLPES	
	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/pul2)	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/pul2)	CARGA (lb)	ESFUERZO (lb/pul2)
0.025	82.3	27.3	63.5	21.1	43.2	14.4
0.050	126.9	42.2	97.4	32.4	76.1	25.3
0.075	210.4	69.9	189.7	63.0	152.3	50.6
0.100	372.3	123.7	335.3	111.4	306.8	101.9
0.150	440.2	146.2	378.6	125.8	340.4	113.1
0.200	513.4	170.6	467.8	155.4	418.7	139.1
0.250	542.3	180.2	496.2	164.9	441.3	146.6
0.300	595.3	197.8	535.7	178.0	489.2	162.5

Victor Hugo Villanueva Najera  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO  
CIP. 90217

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
Alberto Villanueva Medina  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 90217

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
Telefono : FIJO 916826490 - RPM # 949004338 E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
RUC : 20600954173 REG. INDECOPI CERTF. 95136

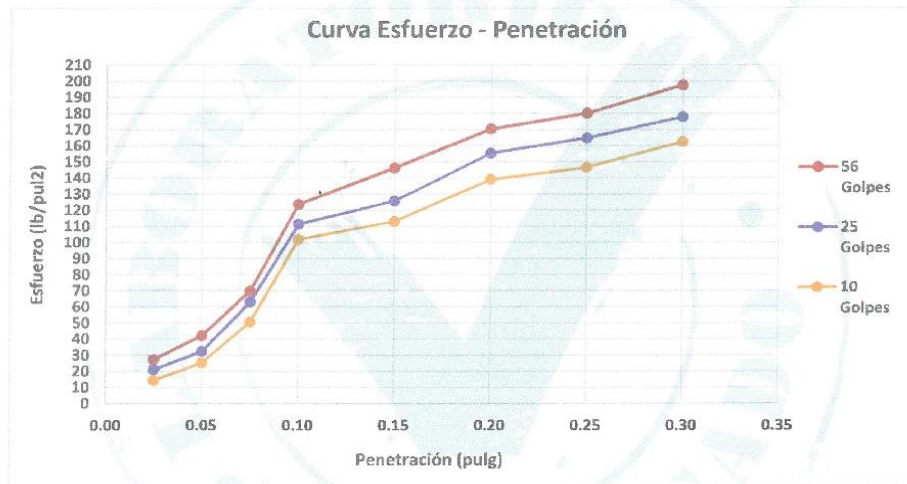


**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**ENSAYO RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. (NTP 339:145, ASTM D1883)**

<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018.
<b>TESISTAS</b>	ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER VELASQUEZ PEREZ JHONATAN JULIAN
<b>LUGAR</b>	DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROV. HUARAZ-ANCASH
<b>CALICATA</b>	C-01 CON ADICIÓN DE 30% DE CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR



MOLDE	56 Golpes		25 Golpes		10 Golpes	
Penetración	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"
Esfuerzo Real (lb/pulg2)	123.7	170.6	111.4	155.4	101.9	139.1
Esfuerzo Patrón (lb/pulg2)	1000	1500	1000	1500	1000	1500
C.B.R. (%)	12.37	11.37	11.14	10.36	10.19	9.27

MOLDE	56 Golpes		25 Golpes		10 Golpes	
Penetración (pulg)	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"
C.B.R. (%)	12.37	11.37	11.14	10.36	10.19	9.27
Densidad Seca (gr/cm3)	1.84		1.75		1.67	


  
**Victor Hugo Villanueva** **Alberto Villanueva Medina**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 98217

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono : FIJO 916826490 - RPM # 949004338 E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
 RUC : 20600954173 REG. INDECOPI CERTF. 95136









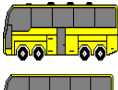
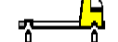






# ANEXO 6: ESTUDIO DE TRÁFICO

## ESTUDIO DE TRÁFICO DE LA CARRETERA PINAR – MARIAN

**Tabla 61.** Cálculo del IMDS de la carretera Pinar – Marian

 Ministerio de Transportes y Comunicaciones		FORMATO RESUMEN SEMANAL - CLASIFICACIÓN VEHICULAR										
		ESTUDIO DE TRÁFICO										
TRAMO DE LA CARRETERA		CARRETERA PINAR-MARIAN							ESTACION		1	
SENTIDO		Marian	N	→	←	S	Pinar	CODIGO DE ESTACION		1		
UBICACIÓN		LOCALIDAD DE MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA DE HUARAZ-ANCASH										
DIA	AUTO	STATION	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			TOTAL
		WAGON	PICK UP	PANEL	RURAL		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	
DIAGRA VEH.												
Lunes	42	7	43	6	52	-	-	-	14	14	-	178
Martes	38	9	27	6	51	-	14	-	13	10	-	168
Miercoles	35	16	31	9	67	-	9	-	12	11	-	190
Jueves	39	16	39	8	61	-	9	-	9	9	-	190
Viernes	48	15	50	13	56	-	12	-	8	9	-	211
Sábado	59	17	34	16	66	-	-	-	9	9	-	210
Domingo	59	20	53	13	79	-	18	-	16	16	-	274
<b>IMDS</b>	<b>46</b>	<b>14</b>	<b>40</b>	<b>10</b>	<b>62</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>203</b>

**Tabla 62.** *Cálculo del IMDA de la Carretera PINAR - MARIAN*

<b>INDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)</b>			
<b>T. VEHICULOS</b>	<b>IMDS</b>	<b>Fe</b>	<b>IMDA</b>
AUTO	46	1.00603622	45.99
STATION	14	1.00603622	14.37
PICK UP	40	1.00603622	39.81
PANEL	10	1.00603622	10.20
RURAL	62	1.00603622	62.09
BUS 2E	9	1.00603622	9.05
CAM ION - 2E	12	1.00603622	11.64
CAMION - 3E	11	1.00603622	11.21
<b>TOTAL</b>	<b>203</b>		<b>204</b>

# ANEXO 7: NORMAS TÉCNICAS



PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles



## MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES



Edición Mayo de 2016



## MTC E 103

### REDUCCION DE MUESTRAS DE CAMPO A TAMAÑOS DE MUESTRAS DE ENSAYO

#### 1.0 OBJETO

1.1 Es la reducción de las muestras obtenidas en el campo a los tamaños de muestras requeridas para los ensayos, empleando procedimientos que minimizan la variación en la medición de las características entre las muestras de ensayo y las muestras de campo.

1.2 La reducción de muestras se obtiene mediante los siguientes tres métodos:

Método A: Cuarteador mecánico

Método B: Cuarteo

Método C: Pilas cónicas (agregado fino húmedo)

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

2.1 La finalidad es el reducir las muestras obtenidas en el campo a las porciones requeridas para someterlas a ensayos. Las muestras más grandes tienden a ser más representativas de la muestra total.

Los métodos indicados tienen por finalidad reducir el tamaño de la muestra obtenida en el campo a tamaños convenientes para realizar varios ensayos a fin de describir el material y medir su calidad, de tal manera que la porción de muestra de ensayo más pequeña no deje de ser representativa de la muestra más grande y por lo tanto de la total suministrada. Los errores que se cometen en un seguimiento no cuidadoso de los métodos, conducirán a la obtención de muestras no representativas para su uso en ensayos posteriores.

#### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

3.1 ASTM C 702: Standard Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size.

#### 4.0 EQUIPO

##### 4.1 METODO A: CUARTEADOR MECÁNICO

4.1.1 Divisor de muestras: Los divisores de muestras deberán tener un número par de cajuelas con planos inclinados de igual ancho, pero no menor que ocho para suelos gruesos, o veinte para suelos finos, con descargas alternativas a cada lado del divisor. El ancho mínimo de la cajuela debe ser aproximadamente 1,5 veces el diámetro de la partícula de mayor tamaño contenida en la muestra a ser dividida. El divisor debe estar equipado con dos recipientes para recibir las dos mitades de la muestra dividida. Asimismo, debe estar equipado con una tolva, la cual tiene un ancho igual o ligeramente menor que el ancho total de la cajuela, por la cual la muestra debe ser depositada a una velocidad controlada a las cajuelas. El equipo y sus accesorios deben ser diseñados para que la muestra fluya suavemente sin restricciones o pérdidas de material. Ver [Figura 1](#).

4.3 METODO C: PILAS CONICAS (Agregado fino húmedo)

4.3.1 El equipo consiste de un cucharón metálico, pala o badilejo para mezclar y un muestreador (pequeño cucharón o pala). Ver [Figura 3](#)

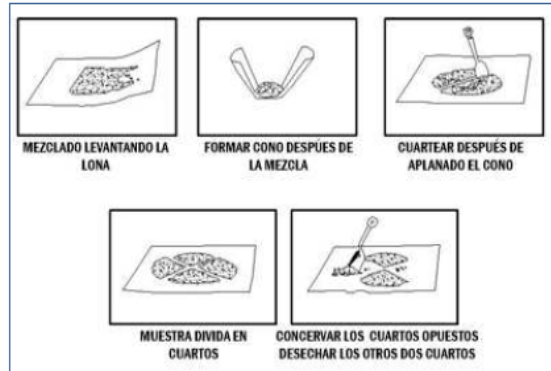


Figura 3: Pilas cónicas

5.0 MUESTRA

La muestra de campo se toma de acuerdo con el método (MTC E101), o como lo establezca cada método de ensayo. Cuando se contempla solamente el ensayo de análisis granulométrico, el tamaño de la muestra de campo dada en MTC E 101 es usualmente adecuado. Cuando se van a realizar ensayos adicionales, el usuario deberá asegurar por sí mismo que el tamaño inicial de la muestra de campo sea adecuado para realizar todos los ensayos considerados.

5.1 SELECCION DEL METODO

5.1.1 Agregado fino

La muestra de campo de agregado fino que está seca o en condición de saturada superficialmente seca, se debe reducir de tamaño por medio de un cuarteador mecánico usando el Método A. Muestras de campo libres de humedad superficial se pueden reducir de tamaño por cuarteo de acuerdo al Método B o por tratamiento como una pequeña muestra conforme al Método C.

5.1.1.1 Si se desea utilizar el Método B ó C y la muestra de campo no tiene humedad libre sobre la superficie de las partículas, la muestra se debe humedecer para alcanzar esta condición, mezclarla bien y luego llevar a cabo la reducción de la muestra.

5.1.1.2 Si se desea utilizar el Método A y la muestra de campo tiene humedad libre sobre la superficie de las partículas, la muestra de campo se debe secar hasta la condición de superficie seca, usando temperaturas que no excedan aquellas especificadas para cualquiera de los ensayos contemplados y luego se procede a reducir la muestra. Alternativamente, si la humedad de la muestra de campo es muy grande, una división preliminar se debe realizar utilizando un cuarteador mecánico que tenga una abertura de 38 mm (1 ½ pulg) o más para reducir la muestra a no menos de 5 000 g, la porción así obtenida se seca y se reduce al tamaño de muestra de ensayo usando el Método A.

**Nota 1.** El método para determinar la condición de saturado superficialmente seco se describe en NTP 400.022. A manera de aproximación, si el agregado fino mantiene su forma, cuando se moldea con la mano, se puede considerar que posee dicha condición.

5.1.2 Agregado grueso y mezcla de agregados grueso y fino

La muestra se reduce usando un cuarteador mecánico de acuerdo con el Método A (método preferido) o por cuarteo usando el Método B. No se debe usar el Método C para agregado grueso o mezcla de agregado grueso y fino.





## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

### MTC E 107- 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 422 y AASHTO T 88, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

#### 1. OBJETIVO

1.1 La determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo.

1.2 Esta norma describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (N° 200).

#### 2. APARATOS

2.1 *Dos balanzas.* Una con sensibilidad de 0.01 g para pesar material que pase el tamiz de 4,760 mm (N° 4). Otra con sensibilidad 0.1 % del peso de la muestra, para pesar los materiales retenidos en el tamiz de 4,760 mm (N° 4).

#### 2.2 *Tamices de malla cuadrada*

75 mm (3"), 50,8 mm (2"), 38,1 mm (1½"), 25,4 mm (1"), 19,0 mm (¾"), 9,5 mm (3/8"), 4,76 mm (N° 4), 2,00 mm (N° 10), 0,840 mm (N° 20), 0,425 mm (N° 40), 0,250 mm (N° 60), 0,106 mm (N° 140) y 0,075 mm (N° 200).

Se puede usar, como alternativa, una serie de tamices que, al dibujar la gradación, dé una separación uniforme entre los puntos del gráfico; esta serie estará integrada por los siguientes:

75 mm (3"), 37.5 mm (1-½"), 19.0 mm (¾"), 9.5 mm (3/8"), 4.75 mm (N° 4), 2.36 mm (N° 8), 1.10 mm (N° 16), 600 mm (N° 30), 300 mm (N° 50), 150 mm (N° 100), 75 mm (N° 200).

2.3 *Estufa,* capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

2.4 *Envases,* adecuados para el manejo y secado de las muestras.

2.5 *Cepillo y brocha,* para limpiar las mallas de los tamices.

#### 3. MUESTRA

3.1 Según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace, bien con la muestra entera, o bien con parte de ella después de separar los finos por lavado. Si la necesidad del lavado no se puede determinar por examen visual, se seca en el horno una pequeña porción húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco rompiéndola entre los dedos. Si se puede romper fácilmente y el material fino se pulveriza bajo la presión de aquellos, entonces el análisis con tamices se puede efectuar sin previo lavado.



## DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS

### MTC E 110 – 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 4318 y AASHTO T 89, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

#### 1. OBJETIVO

1.1 El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado plástico y el estado líquido.

1.2 El valor calculado deberá aproximarse al centésimo.

#### 2. APARATOS

2.1 *Recipiente para Almacenaje.* Una vasija de porcelana de 115 mm (4 ½") de diámetro aproximadamente.

2.2 *Espátula.* De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3" – 4") de longitud y 20 mm (¾") de ancho aproximadamente.

2.3 *Aparato del límite líquido* (o de Casagrande).

De operación manual. Es un aparato consistente en una taza de bronce con sus aditamentos, construido de acuerdo con las dimensiones señaladas en la Figura 1.

De operación mecánica. Es un aparato equipado con motor para producir la altura y el número de golpes. Figura 1. El aparato debe dar los mismos valores para el límite líquido que los obtenidos con el aparato de operación manual.

2.4 *Acanalador.* Conforme con las dimensiones críticas indicadas en las figuras 1 y 2.

2.5 *Calibrador.* Ya sea incorporado al ranurador o separado, de acuerdo con la dimensión crítica "d" mostrada en la Figura 1, y puede ser, si fuere separada, una barra de metal de  $10.00 \pm 0.2$  mm ( $0.394" \pm 0.008"$ ) de espesor y de 50 mm (2") de largo, aproximadamente.

2.6 *Recipientes o Pesa Filtros.* De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos. Deben tener tapas que cierren bien, sin costuras, para evitar las pérdidas de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para evitar la absorción de humedad de la atmósfera tras el secado y antes de la pesada final.

2.7 *Balanza.* Una balanza con sensibilidad de 0.01 gr.



## DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

### MTC E 111 – 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 4318 y AASHTO T 90, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

#### 1. OBJETIVO

1.1 Es la determinación en el laboratorio del límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo.

1.2 Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen.

#### 2. APARATOS

2.1 *Espátula, de hoja flexible*, de unos 75 a 100 mm (3" – 4") de longitud por 20 mm (3/4") de ancho.

2.2 *Recipiente para Almacenaje*, de porcelana o similar, de 115 mm (4 1/2") de diámetro.

2.3 *Balanza*, con aproximación a 0.01 g.

2.4 *Horno o Estufa*, termostáticamente controlado regulable a  $110 \pm 5$  °C ( $230 \pm 9$  °F).

2.5 Tamiz, de 426  $\mu$ m (N° 40).

2.6 Agua destilada.

2.7 Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.

2.8 Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

#### 3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

3.1 Si se quiere determinar sólo el L.P., se toman aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 426  $\mu$ m (N° 40), preparado para el ensayo de límite líquido. Se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se toma una porción de 1,5 gr a 2,0 gr de dicha esfera como muestra para el ensayo.

- El secado previo del material en horno o estufa, o al aire, puede cambiar (en general, disminuir), el límite plástico de un suelo con material orgánico, pero este cambio puede ser poco importante.



## MTC E 111

### DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)

#### 1.0 OBJETO

- 1.1 Determinar en el laboratorio el límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen
- 2.2 Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos (véase anexos de clasificación SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (véase especificación ASTM D1241). El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte.
- 2.3 Los plásticos de un suelo pueden utilizar con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que  $2\mu\text{m}$  para determinar su número de actividad

#### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 NTP 339.129: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.

#### 4.0 EQUIPOS Y MATERIALES E INSUMOS

##### 4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Espátula, de hoja flexible, de unos 75 a 100 mm (3" - 4") de longitud por 20 mm (3/4") de ancho.
- 4.1.2 Recipiente para Almacenaje, de porcelana o similar, de 115 mm (4 1/2") de diámetro.
- 4.1.3 Balanza, con aproximación a 0,01 g.
- 4.1.4 Horno o Estufa, termostáticamente controlado regulable a  $110 \pm 5$  °C.
- 4.1.5 Tamiz, de 426  $\mu\text{m}$  (Nº 40).
- 4.1.6 Agua destilada.
- 4.1.7 Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.
- 4.1.8 Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

##### 5.0 MUESTRA

- 5.1 Si se quiere determinar sólo el L.P., se toman aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 426  $\mu\text{m}$  (Nº 40), preparado para el ensayo de límite líquido. Se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se toma una porción de 1,5 g a 2,0 g de dicha esfera como muestra para el ensayo.
- 5.2 El secado previo del material en horno o estufa, o al aire, puede cambiar (en general, disminuir), el límite plástico de un suelo con material orgánico, pero este cambio puede ser poco importante.
- 5.3 Si se requieren el límite líquido y el límite plástico, se toma una muestra de unos 15 g de la porción de suelo humedecida y amasada, preparada de acuerdo con la Norma MTC E 110 (determinación del límite líquido de los suelos). La muestra debe tomarse en una etapa del proceso de amasado



## MTC E 115

### COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)

#### 1.0 OBJETO

- 1.1 Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m<sup>3</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).

**Nota 1.** Los suelos y mezclas de suelos-agregados son considerados como suelos finos o de grano grueso o compuestos o mezclas de suelos naturales o procesados o agregados tales como grava, limo o piedra partida.

**Nota 2.** El equipo y procedimiento son los mismos que los propuestos por el Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos en 1945. La prueba de Esfuerzo Modificado es a veces referida como Prueba de Compactación de Proctor Modificado

- 2.2 Este ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% ó menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 19,0 mm (¾" pulg).

**Nota 3.** Para relaciones entre Peso Unitario y Contenido de Humedad de suelos con 30% ó menos en peso de material retenido en la malla 19,0 mm (¾ pulg) a Pesos Unitarios y contenido de humedad de la fracción que pasa la malla de 19,0 mm (¾ pulg), ver ensayo ASTM D 4718

- 2.3 Se proporciona 3 métodos alternativos. El método usado debe ser indicado en las especificaciones del material a ser ensayado. Si el método no está especificado, la elección se basará en la gradación del material.

##### 2.3.1 METODO "A"

- 2.3.1.1 Molde: 101,6 mm de diámetro (4 pulg)
- 2.3.1.2 Material: Se emplea el que pasa por el tamiz 4,75 mm (Nº 4).
- 2.3.1.3 Número de capas: 5
- 2.3.1.4 Golpes por capa: 25
- 2.3.1.5 Uso: Cuando el 20 % ó menos del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº 4).
- 2.3.1.6 Otros Usos: Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B ó C.

##### 2.3.2 METODO "B"

- 2.3.2.1 Molde: 101,6 mm (4 pulg) de diámetro.
- 2.3.2.2 Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz de 9,5 mm (¾ pulg).
- 2.3.2.3 Número de Capas: 5
- 2.3.2.4 Golpes por capa: 25
- 2.3.2.5 Usos: Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº4) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 9,5 mm (¾ pulg).





2.3.2.6 Otros Usos: Si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.

### 2.3.3 METODO "C"

2.3.3.1 Molde: 152,4 mm (6 pulg) de diámetro.

2.3.3.2 Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).

2.3.3.3 Número de Capas: 5

2.3.3.4 Golpes por Capa: 56

2.3.3.5 Uso: Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 9,5 mm (¾ pulg) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).

2.3.3.6 El molde de 152,4 mm (6 pulg) de diámetro no será usado con los métodos A ó B.

**Nota 4.** Los resultados tienden a variar ligeramente cuando el material es ensayado con el mismo esfuerzo de compactación en moldes de diferentes tamaños.

2.4 Si el espécimen de prueba contiene más de 5% en peso de un tamaño (fracción gruesa) y el material no será incluido en la prueba se deben hacer correcciones al Peso Unitario y Contenido de Agua del espécimen de ensayo ó la densidad de campo apropiada usando el método de ensayo ASTM D 4718.

2.5 Este método de prueba generalmente producirá un Peso Unitario Seco Máximo bien definido para suelos que no drenan libremente. Si el método de ensayo se utiliza para suelos que drenan libremente, no se definirá bien el Peso Unitario Seco máximo y puede ser menor que la obtenida usando el Método de Prueba ASTM D 4253 (NTP 339.137).

2.6 Los valores de las unidades del SI son reconocidos como estándar. Los valores establecidos por las unidades de pulgadas-libras son proporcionados sólo como información.

2.6.1 En la profesión de Ingeniería es práctica común, usar indistintamente unidades que representan Masa y Fuerza, a menos que se realicen cálculos dinámicos ( $F = M \cdot a$ ). Esto implícitamente combina dos sistemas de diferentes Unidades, que son el Sistema Absoluto y el Sistema Gravimétrico. Científicamente, no se desea combinar el uso de dos sistemas diferentes en uno estándar. Este método de prueba se ha hecho usando unidades libra-pulgada (Sistema Gravimétrico) donde la libra (lbf) representa a la Unidad de Fuerza. El uso de libra-masa (lb. m) es por conveniencia de unidades y no intenta establecer que su uso es científicamente correcto. Las conversiones son dadas en el Sistema Internacional (SI) de acuerdo al ensayo ASTM E 380. El uso de balanzas que registran libra-masa (lbm) ó registran la densidad en lbm/pie<sup>3</sup> no se debe considerar como si no concordase con esta norma.

2.7 Este método de ensayo no hace referencia a todos los riesgos relacionadas con este uso, si los hubiera. Es responsabilidad del usuario establecer la seguridad apropiada y prácticas o pruebas confiables y así determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias antes de su uso.

2.8 El suelo utilizado como relleno en Ingeniería (terraplenes, rellenos de cimentación, bases para caminos) se compacta a un estado denso para obtener propiedades satisfactorias de Ingeniería tales como: resistencia al esfuerzo de corte, compresibilidad ó permeabilidad. También los suelos de cimentaciones son a menudo compactados para mejorar sus propiedades de Ingeniería. Los ensayos de Compactación en Laboratorio proporcionan las bases para determinar el porcentaje de compactación y contenido de agua que se necesitan para obtener las propiedades de Ingeniería requeridas, y para el control de la construcción para asegurar la obtención de la compactación requerida y los contenidos de agua.

2.9 Durante el diseño de los rellenos de Ingeniería, se utilizan los ensayos de corte consolidación permeabilidad u otros ensayos que requieren la preparación de especímenes de ensayo compactado a algún contenido de agua para algún Peso Unitario. Es práctica común, primero determinar el óptimo contenido de humedad ( $w_o$ ) y el Peso Unitario Seco máximo ( $\gamma_{dmáx}$ ) mediante un ensayo de



compactación. Los especímenes de compactación a un contenido de agua seleccionado ( $w$ ), sea del lado húmedo o seco del óptimo ( $w_o$ ) ó al óptimo ( $w_o$ ) y a un Peso Unitario seco seleccionado relativo a un porcentaje del Peso Unitario Seco máximo ( $\gamma_{d\text{máx}}$ ). La selección del contenido de agua ( $w$ ), sea del lado húmedo o seco del óptimo ( $w_o$ ) ó al óptimo ( $w_o$ ), y el Peso Unitario Seco ( $\gamma_{d\text{máx}}$ ) se debe basar en experiencias pasadas, o se deberá investigar una serie de valores para determinar el porcentaje necesario de compactación.

### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1.1 NTP 339.141: Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m<sup>3</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).
- 3.1.2 ASTM D 1557: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort ((2 700 kN-m/m<sup>3</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).

### 4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

#### 4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Ensamblaje del Molde.- Los moldes deben de ser cilíndricos hechos de materiales rígidos y con capacidad que se indican en 4.1.1.1 ó 4.1.1.2 de este ensayo y Figuras 1 y 2. Las paredes del molde deberán ser sólidas, partidas o ahusadas. El tipo "partido" deberá tener dos medias secciones circulares, o una sección de tubo dividido a lo largo de un elemento que se pueda cerrar en forma segura formando un cilindro que reúna los requisitos de esta sección. El tipo "ahusado" debe tener un diámetro interno tipo tapa que sea uniforme y no mida más de 16,7 mm/m (0,200 pulg/pie) de la altura del molde. Cada molde tiene un plato base y un collar de extensión ensamblado, ambos de metal rígido y contruidos de modo que puedan adherir de forma segura y fácil de desmoldar. El ensamblaje collar de extensión debe tener una altura que sobrepase la parte más alta del molde por lo menos 50,8 mm (2,0 pulg) con una sección superior que sobrepasa para formar un tubo con una sección cilíndrica recta de por lo menos 19,0 mm (0,75 pulg), por debajo de ésta.

El collar de extensión debe de alinearse con el interior del molde, la parte inferior del plato base y del área central ahuecada que acepta el molde cilíndrico debe ser plana.

- 4.1.1.1 Molde de 4 pulgadas.- Un molde que tenga en promedio 101,6 ± 0,4 mm (4,000 ± 0,016 pulg) de diámetro interior, una altura de 116,4 ± 0,5 mm (4,584 ± 0,018 pulg) y un volumen de 944 ± 14 cm<sup>3</sup> (0,0333 ± 0,0005 pie<sup>3</sup>). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrado en la Fig. 1.
- 4.1.1.2 Molde de 6 pulgadas.- Un molde que tenga en promedio 152,4 ± 0,7 mm (6,000 ± 0,026 pulg) de diámetro interior, una altura de: 116,4 ± 0,5mm (4,584 ± 0,018 pulg) y un volumen de 2 124 ± 25 cm<sup>3</sup> (0,075 ± 0,0009 pie<sup>3</sup>). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrando en Fig. 2.
- 4.1.2 Pisón ó Martillo.- Un pisón operado manualmente como el descrito en 4.1.2.1 de este ensayo ó mecánicamente como el descrito en 4.1.2.2 de este ensayo. El pisón debe caer libremente a una distancia de 457,2 ± 1,6 mm (18 ± 0,05 pulg) de la superficie de espécimen. La masa del pisón será 4,54 ± 0,01 kg (10 ± 0,02 lb-m), salvo que la masa pisón mecánico se ajuste al descrito en el Método de Ensayo ASTM D 2168 (ver Nota 5). La cara del pisón que golpea deberá ser plana y circular, excepto el nombrado en 4.1.2.3 de este ensayo con un diámetro de 50,80 ± 0,13 mm (2,000 ± 0,005 pulg), (Figuras 1 y 2). El pisón deberá ser reemplazado si la cara que golpea se desgasta ó se deforma al punto que el diámetro sobrepase los 50,800 ± 0,25 mm (2,000 ± 0,01 pulg).

**Nota 5.** Es práctica común y aceptable en el Sistema de libras-pulgadas asumir que la masa del pisón es igual a su masa determinada utilizado sea una balanza en kilogramos ó libras, y una libra-fuerza es igual a 1 libra-masa ó 0,4536 kg ó 1N es igual a 0,2248 libras-masa ó 0,1020 kg.

- 4.1.2.1 Pisón Manual.- El pisón deberá estar equipado con una guía que tenga suficiente espacio libre para que la caída del pisón y la cabeza no sea restringida. La guía deberá tener al menos 4 orificios de ventilación en cada extremo (8 orificios en total) localizados con centros de 19,0 ± 1,6 mm



## MTC E 132

### CBR DE SUELOS (LABORATORIO)

#### 1.0 OBJETO

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

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento flexible.
- 2.2 Para aplicaciones donde el efecto del agua de compactación sobre el CBR es mínimo, tales como materiales no-cohesivos de granos gruesos, o cuando sea permisible para el efecto de diferenciar los contenidos de agua de compactación en el procedimiento de diseño, el CBR puede determinarse al óptimo contenido de agua de un esfuerzo de compactación especificado. El peso unitario seco especificado es normalmente el mínimo porcentaje de compactación permitido por la especificación de compactación de campo de la entidad usuaria.
- 2.3 Para aplicaciones donde el efecto del contenido de agua de compactación en el CBR es desconocido o donde se desee explicar su efecto, el CBR se determina para un rango de contenidos de agua, generalmente el rango de contenido de agua permitido para la compactación de campo por la especificación de compactación en campo de la entidad usuaria.
- 2.4 Los criterios para la preparación del espécimen de prueba con respecto a materiales cementados (y otros) los cuales recuperan resistencia con el tiempo, deben basarse en una evaluación geotécnica de ingeniería. Según sea dirigido por un ingeniero, los mismos materiales cementados deberán ser curados adecuadamente hasta que puedan medirse las relaciones de soporte que representen las condiciones de servicio a largo plazo.
- 2.5 Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado.
- 2.6 Este modo operativo hace referencia a los ensayos para determinación de las relaciones de Peso Unitario - Humedad, usando un equipo modificado.

#### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 ASTM D 1883: Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.

#### 4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

##### 4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Prensa similar a las usadas en ensayos de compresión, utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen. El pistón se aloja en el cabezal y sus características deben ajustarse a las especificadas en el numeral 4.1.7.

El desplazamiento entre la base y el cabezal se debe poder regular a una velocidad uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto. La capacidad de la prensa y su sistema para la medida de carga debe ser de 44,5 kN (10000 lbf) o más y la precisión mínima en la medida debe ser de 44 N (10 lbf) o menos.

- 4.1.2 Molde, de metal, cilíndrico, de 152,4mm  $\pm$  0,66 mm (6  $\pm$  0,026") de diámetro interior y de 177,8  $\pm$  0,46 mm (7  $\pm$  0,018") de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 50,8 mm (2,0")



de altura y una placa de base perforada de 9,53 mm (3/8") de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de 1,6 mm (28 1/16") las mismas que deberán estar uniformemente espaciadas en la circunferencia interior del molde de diámetro (Figura 1a). La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.

- 4.1.3 Disco espaciador, de metal, de forma circular, de 150,8 mm (5 15/16") de diámetro exterior y de  $61,37 \pm 0,127$  mm ( $2,416 \pm 0,005$ ") de espesor (Figura 1b), para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.
- 4.1.4 Pisón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo Proctor Modificado, (equipo modificado).

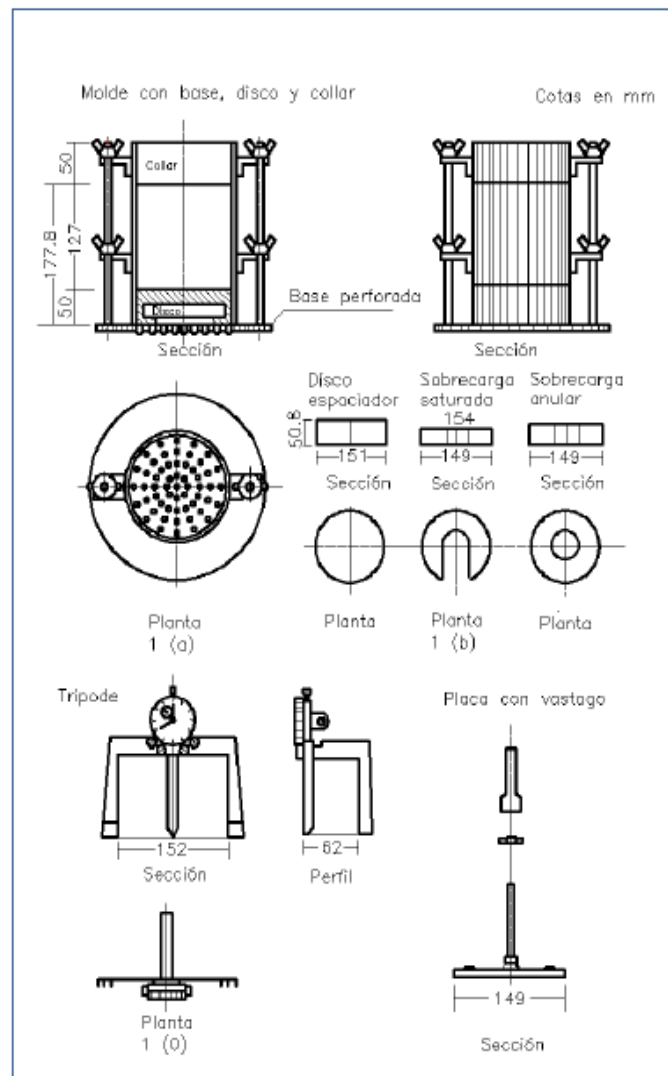


Figura 1.



PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles



## “MANUAL DE CARRETERAS” SUELOS, GEOLOGIA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS

### SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS

R.D. N° 10-2014-MTC/14



VERSION ABRIL DE 2014





---

# CAPÍTULO IV

## SUELOS

---





## SUELOS

En este capítulo se desarrollan pautas para identificar las características y la clasificación de los suelos que se utilizarán en la construcción de los pavimentos de las carreteras del Perú.

La exploración e investigación del suelo es muy importante tanto para la determinación de las características del suelo, como para el correcto diseño de la estructura del pavimento. Si la información registrada y las muestras enviadas al laboratorio no son representativas, los resultados de las pruebas aun con exigencias de precisión, no tendrán mayor sentido para los fines propuestos.

### 4.1 Exploración de suelos y rocas

AASHTO para la investigación y muestreo de suelos y rocas recomienda la aplicación de la norma T 86-90 que equivale a la ASTM D420-69; para el presente manual, se aplicará para todos los efectos el procedimiento establecido en las normas MTC E101, MTC E 102, MTC E 103 y MTC E 104, que recoge los mencionados alcances de AASHTO y ASTM. En este capítulo se dan pautas complementarias para llevar a cabo el muestreo e investigación de suelos y rocas.

Para la exploración de suelos y rocas primero deberá efectuarse un reconocimiento del terreno y como resultado de ello un programa de exploración e investigación de campo a lo largo de la vía y en las zonas de préstamo, para de esta manera identificar los diferentes tipos de suelo que puedan presentarse.

El reconocimiento del terreno permitirá identificar los cortes naturales y/o artificiales, definir los principales estratos de suelos superficiales, delimitar las zonas en las cuales los suelos presentan características similares, asimismo identificar las zonas de riesgo o poco recomendables para emplazar el trazo de la vía.

El programa de exploración e investigación de campo incluirá la ejecución de calicatas o pozos exploratorios, cuyo espaciamiento dependerá fundamentalmente de las características de los materiales subyacentes en el trazo de la vía. Generalmente están espaciadas entre 250 m y 2,000 m, pero pueden estar más próximas dependiendo de puntos singulares, como en los casos de:

- cambio en la topografía de la zona en estudio;
- por la naturaleza de los suelos o cuando los suelos se presentan en forma errática o irregular
- delimitar las zonas en que se detecten suelos que se consideren pobres o inadecuados;
- zonas que soportarán terraplenes o rellenos de altura mayor a 5.0 m;
- zonas donde la rasante se ubica muy próxima al terreno natural ( $h < 0.6$  m);
- en zonas de corte, se ubicarán los puntos de cambio de corte a terraplén o de terraplén a corte, para conocer el material a nivel de sub rasante.

De las calicatas o pozos exploratorios deberán obtenerse de cada estrato muestras representativas en número y cantidades suficientes de suelo o de roca, o de ambos, de cada material que sea importante para el diseño y la construcción. El tamaño y tipo de la muestra requerida depende de los ensayos que se vayan a efectuar y del porcentaje de partículas gruesas en la muestra, y del equipo de ensayo a ser usado.







Con las muestras obtenidas en la forma descrita, se efectuarán ensayos en laboratorio y finalmente con los datos obtenidos se pasará a la fase de gabinete, para consignar en forma gráfica y escrita los resultados obtenidos, asimismo se determinará un perfil estratigráfico de los suelos (eje y bordes), debidamente acotado en un espesor no menor a 1.50 m, teniendo como nivel superior la línea de sub rasante del diseño geométrico vial y debajo de ella, espesores y tipos de suelos del terraplén y los del terreno natural, con indicación de sus propiedades o características y los parámetros básicos para el diseño de pavimentos. Para obtener el perfil estratigráfico en zonas donde existirán cortes cerrados, se efectuarán métodos geofísicos de prospección que permitan determinar la naturaleza y características de los suelos y/o roca subyacente (según Norma MTC E 101).

### 4.2 Caracterización de la sub rasante

Con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la sub rasante se llevarán a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas de 1.5 m de profundidad mínima; el número mínimo de calicatas por kilómetro, estará de acuerdo al cuadro 4.1.

Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada, dentro de la faja que cubre el ancho de la calzada, a distancias aproximadamente iguales; para luego, si se considera necesario, densificar la exploración en puntos singulares del trazo de la vía, tal como se mencionan en el numeral 4.1 del presente manual.

**Cuadro 4.1**  
**Número de Calicatas para Exploración de Suelos**

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 calicatas x km</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 calicatas x km</li> </ul>	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 calicatas x km</li> </ul>	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 calicata x km</li> </ul>	

Fuente: Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la RD 037-2008-MTC/14 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC





muestra y profundidad y luego colocadas en bolsas de polietileno para su traslado al laboratorio. Así mismo, durante la ejecución de las investigaciones de campo se llevará un registro en el que se anotará el espesor de cada uno de los estratos del subsuelo, sus características de gradación y el estado de compacidad de cada uno de los materiales. Así mismo se extraerán muestras representativas de la subrasante para realizar ensayos de Módulos de resiliencia ( $M_R$ ) o ensayos de CBR para correlacionarlos con ecuaciones de  $M_R$ , la cantidad de ensayos dependerá del tipo de carretera (ver [cuadro 4.2](#)).

**Cuadro 4.2**  
**Número de Ensayos  $M_R$  y CBR**

Tipo de Carretera	N° $M_R$ y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 1 <math>M_R</math> cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 1 <math>M_R</math> cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 1 <math>M_R</math> cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> </ul>
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 1 <math>M_R</math> cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 1 <math>M_R</math> cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 1 <math>M_R</math> cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> </ul>
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 <math>M_R</math> cada 3 km y 1 CBR cada 1 km</li> </ul>
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cada 1.5 km se realizará un CBR</li> <li>(*)</li> </ul>
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cada 2 km se realizará un CBR</li> <li>(*)</li> </ul>
Carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cada 3 km se realizará un CBR</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la RD 037-2008-MTC/14 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC

(\*): La necesidad de efectuar los ensayo de módulos de resiliencia, será determinado en los respectivos términos de referencia, previa evaluación de la zona de estudio y la importancia de la obra.

El número de ensayos indicado en el [cuadro 4.2](#), se aplica para pavimentos nuevos, mejoramiento y rehabilitación. En caso, de estudios de factibilidad o prefactibilidad se efectuará el número de ensayos indicados en el referido cuadro, por 2 veces la longitud indicada (ejemplo, para Carreteras de Tercera Clase "Cada 4.0 km se realizará un CBR" en lugar de un CBR cada 2.0 km. En caso de estudios a nivel de perfil se utilizará información secundaria existente en el tramo del proyecto, de no existir información secundaria se efectuará el número de ensayos del [cuadro 4.2](#), por 3 veces la longitud indicada (ejemplo, para Carreteras de Segunda Clase "Cada 4.5 km se realizará un CBR" en lugar de un CBR cada 1.5 km). Para el caso de refuerzo o rehabilitación de pavimentos, se tendrá en cuenta las mediciones deflectométricas (deflectograma) y la sectorización de comportamiento homogéneo, efectuando por cada sector homogéneo (mínimo dos CBR) en correspondencia con los puntos de ensayo, un CBR donde la deflexión ha



---

# CAPÍTULO VI

## TRAFICO VIAL

---







PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles

## TRÁFICO VIAL

### 6.1 Conocimiento de la demanda para estudios

La demanda del tráfico es un aspecto esencial que el Ingeniero necesita conocer con relativa y suficiente precisión, para planificar y diseñar con éxito muchos aspectos de la vialidad, entre ellos el diseño del pavimento y el de la plataforma del camino.

En lo que corresponde a la Sección de Suelos y Pavimentos de este manual, la necesidad de información del tráfico se define desde dos puntos de vista: el diseño estructural del pavimento y el de la capacidad de los tramos viales para conocer hasta que límites de volúmenes de tráfico puede estimarse crecerá la demanda que afectará a la estructura vial durante el periodo del análisis vial adoptado para un estudio.

El estudio de tráfico deberá proporcionar la información del índice medio diario anual (IMDA) para cada tramo vial materia de un estudio. Es conveniente para ello que los Términos de Referencia de cada estudio ya proporcionen la identificación de los tramos homogéneos.

Para cada uno de los tramos además de la demanda volumétrica actual deberá conocerse la clasificación por tipo de vehículos. El cálculo del IMDA requiere de los índices de variación mensual, información que el MTC dispone y puede proporcionar de los registros continuos que obtiene actualmente en las estaciones existentes de peaje y de pesaje del propio MTC y de las correspondientes a los contratos de concesiones viales. La existencia de esta información es importante para construir una base de datos muy útil, como referencia regional que permitirá reducir los requerimientos de estudios y los costos que actualmente se tienen cuando se realizan estos estudios. Adicionalmente el uso de esta información oficial garantizará una mejor consistencia entre la información obtenida y utilizada para los diversos estudios.

La información directa requerida para los estudios del tráfico en principio y salvo necesidades con objetivos más precisos o distintos, se conformará con muestreos orientados a calcular el IMDA del tramo, empezando por la demanda volumétrica actual de los flujos clasificados por tipos de vehículos en cada sentido de tráfico. La demanda de Carga por Eje, y la presión de los neumáticos en el caso de vehículos pesados (camiones y ómnibus) guardan relación directa con el deterioro del pavimento. Contando con la referencia regional previamente descrita, en términos generales será suficiente realizar las nuevas investigaciones puntuales por tramo en sólo dos días, teniendo en cuenta que el tráfico esté bajo condición normal. Uno de los días corresponde a un día laborable típico y el otro a un día sábado. Los términos de referencia del estudio deberán precisar si el caso amerita estudiar durante más días o en periodos climáticos distintos, dependiendo del conocimiento previo de la demanda que tenga la Autoridad Competente.

Simultáneamente se realizará un control mediante una muestra representativa aleatoria de pesos por eje de vehículos pesados, utilizando







PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles

---

# CAPÍTULO IX

## ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

---





## ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de sub rasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. En cambio cuando se estabiliza una subbase granular o base granular, para obtener un material de mejor calidad se denomina como subbase o base granular tratada (con cemento o con cal o con asfalto, etc).

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

El manual ilustra diferentes metodologías de estabilización como: mejoramiento por sustitución de suelos de la sub rasante, estabilización mecánica de suelos, mejoramiento por combinación de suelos, suelos estabilizados con cal, cemento, escorias, emulsión asfáltica, estabilización química del suelo, estabilización con geosintéticos (geotextiles, geomallas u otros). Sin embargo, debe destacarse la significación que adquiere contar con ensayos de laboratorio, que demuestren la aptitud y tramos construidos que ratifiquen el buen resultado. Además, se debe garantizar que tanto la construcción como la conservación vial, puedan realizarse en forma simple, económica y con el equipamiento disponible.

### 9.1 Criterios geotécnicos para establecer la estabilización de suelos

- 1) Se considerarán como materiales aptos para las capas de la sub rasante suelos con  $\text{CBR} \geq 6\%$ . En caso de ser menor (sub rasante pobre o sub rasante inadecuada), o se presenten zonas húmedas locales o áreas blandas, será materia de un Estudio Especial para la estabilización, mejoramiento o reemplazo, donde el Ingeniero Responsable analizará diversas alternativas de estabilización o de solución, como: Estabilización mecánica, Reemplazo del suelo de cimentación, Estabilización con productos o aditivos que mejoran las propiedades del suelo, Estabilización con geosintéticos (geotextiles, geomallas u otros), Pedraplenes, Capas de arena, Elevar la rasante o cambiar el trazo vial si las alternativas analizadas resultan ser demasiado costosas y complejas.
- 2) Cuando la capa de sub rasante sea arcillosa o limosa y, al humedecerse, partículas de estos materiales puedan penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas, deberá proyectarse una capa de material anticontaminante de 10 cm. de espesor como mínimo o un geotextil, según lo justifique el Ingeniero Responsable.





- 3) La superficie de la sub rasante debe quedar encima del nivel de la napa freática como mínimo a 0.60 m cuando se trate de una sub rasante extraordinaria y muy buena; a 0.80 m cuando se trate de una sub rasante buena y regular; a 1.00 m cuando se trate de una sub rasante pobre y, a 1.20 m cuando se trate de una sub rasante inadecuada. En caso necesario, se colocarán subdrenes o capas anticontaminantes y/o drenantes o se elevará la rasante hasta el nivel necesario.
  
- 4) En zonas sobre los 4,000 msnm, se evaluará la acción de las heladas en los suelos. En general, la acción de congelamiento está asociada con la profundidad de la napa freática y la susceptibilidad del suelo al congelamiento. Si la profundidad de la napa freática es mayor a la indicada anteriormente (1.20 m), la acción de congelamiento no llegará a la capa superior de la sub rasante. En el caso de presentarse en la capa superior de la sub rasante (últimos 0.60 m) suelos susceptibles al congelamiento, se reemplazará este suelo en el espesor comprometido o se levantará la rasante con un relleno granular adecuado, hasta el nivel necesario. Son suelos susceptibles al congelamiento, los suelos limosos. Igualmente los suelos que contienen más del 3% de su peso de un material de tamaño inferior a 0.02 mm, con excepción de las arenas finas uniformes que aunque contienen hasta el 10% de materiales de tamaño inferior a los 0.02mm, no son susceptibles al congelamiento. En general, son suelos no susceptibles los que contienen menos del 3% de su peso de un material de tamaño inferior a 0.02 mm.

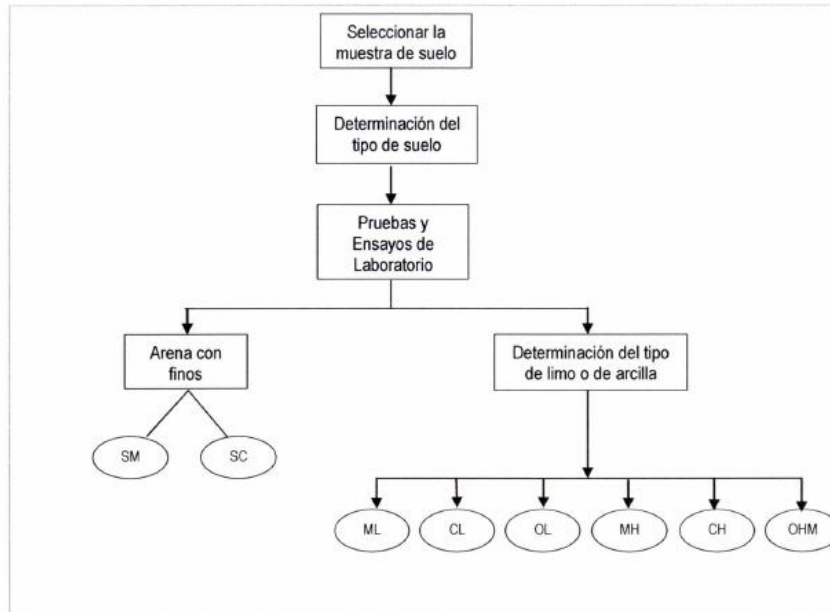
La curva granulométrica de la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0.074 mm (Nº 200) se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios (según Norma MTC E 109).

- 5) Para establecer un tipo de estabilización de suelos es necesario determinar el tipo de suelo existente. Los suelos que predominantemente se encuentran en este ámbito son: los limos, las arcillas, o las arenas limosas o arcillosas.





**Figura 9.1**  
**Proceso para la Identificación del Tipo del suelo**



6) Los factores que se considerarán al seleccionar el método más conveniente de estabilización son:

- a. Tipo de suelo a estabilizar
- b. Uso propuesto del suelo estabilizado
- c. Tipo de aditivo estabilizador de suelos
- d. Experiencia en el tipo de estabilización que se aplicará
- e. Disponibilidad del tipo de aditivo estabilizador
- f. Disponibilidad del equipo adecuado
- g. Costos comparativos

El siguiente diagrama sintetiza un procedimiento para determinar el método apropiado de estabilización:



# ANEXO 8: RECIBO DE TURNITIN

# ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>21</b> %	<b>21</b> %	<b>0</b> %	<b>0</b> %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<b>17</b> %
<b>2</b>	<a href="http://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	<b>4</b> %



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: ALEXIS ESPINOZA CHUQUINO  
Título del ejercicio: Desarrollo sabado tesis ucv  
Título de la entrega: ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCIL.  
Nombre del archivo: TESIS\_PRESENTACION-FINAL\_DIC..  
Tamaño del archivo: 158.75K  
Total páginas: 70  
Total de palabras: 20,612  
Total de caracteres: 107,032  
Fecha de entrega: 06-dic-2018 06:25p.m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega: 1046932946

# ANEXO 9: PLANOS




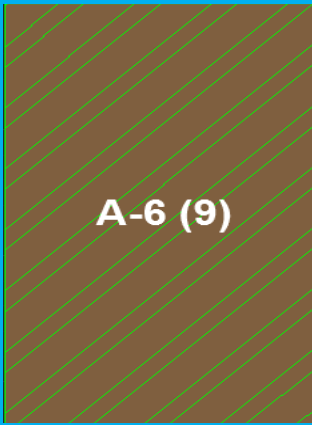
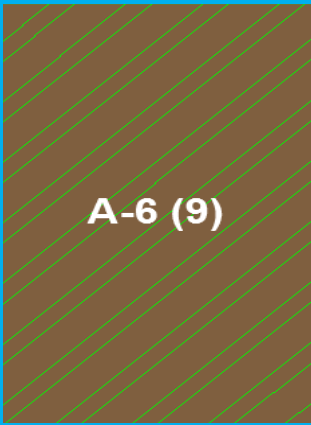
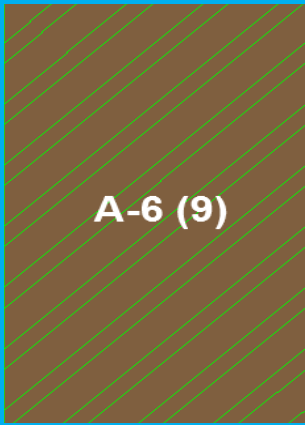


**TESIS:** “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO INDEPENDENCIA, 2018.

**UBICACIÓN:** DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH

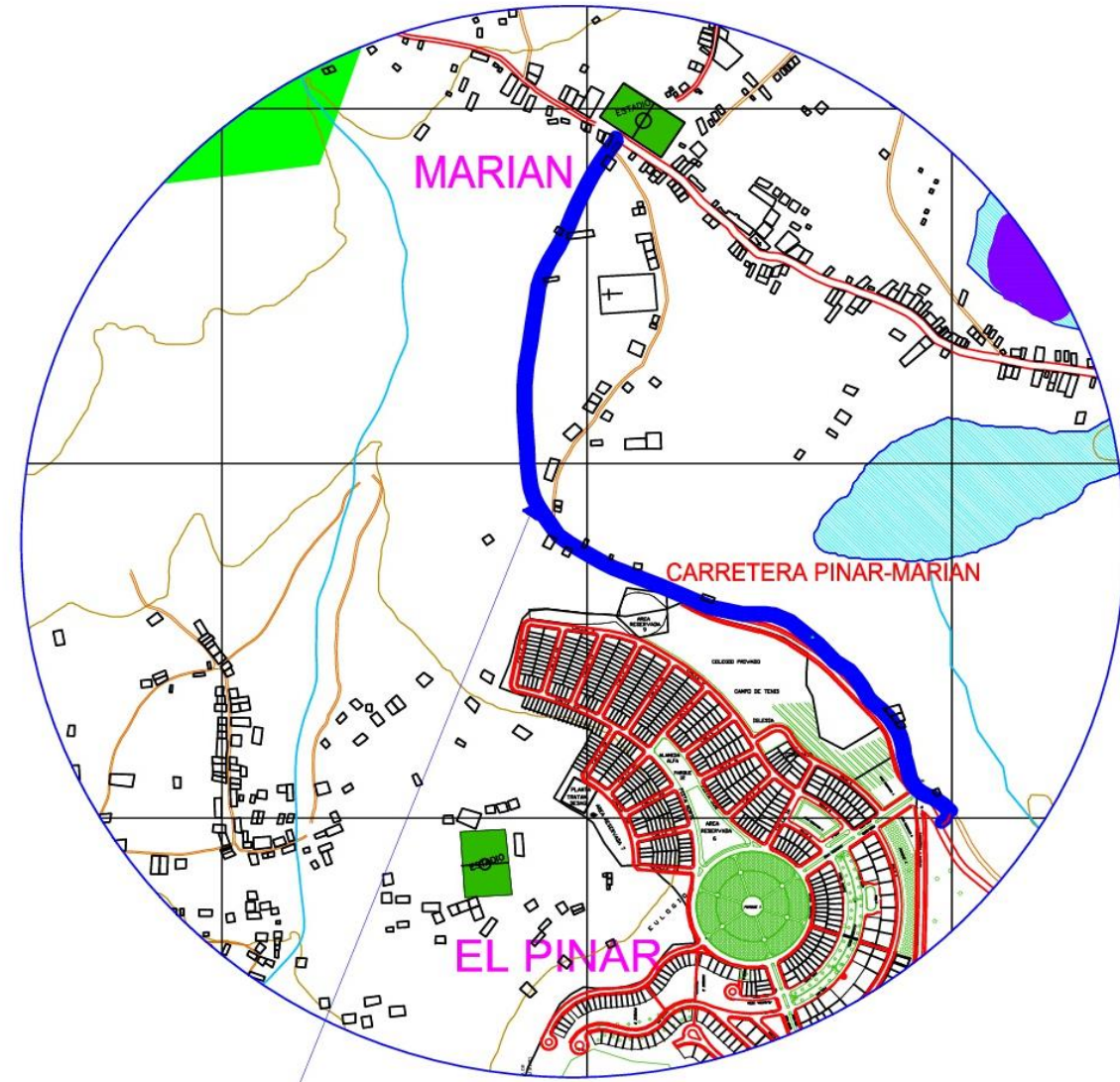
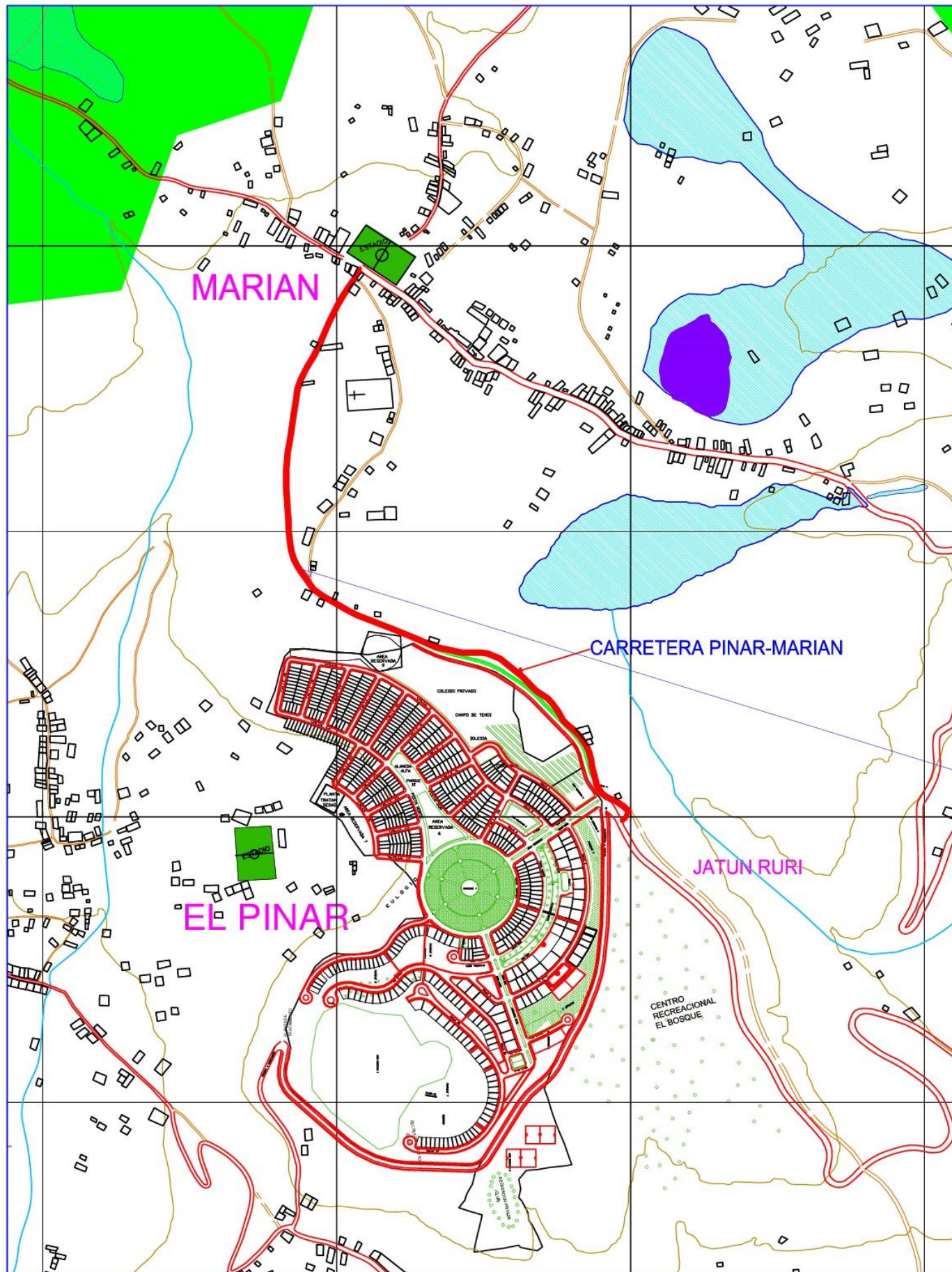
**FECHA:** HUARAZ, OCTUBRE DEL 2018

**PLANO DE PERFILES ESTRATIGRÁFICOS**

Calicata	C-01	C-02	C-03
Progresiva	0+084.32	0+510.02	1+114.58
Profundidad			
0.00			
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00			
1.10			
1.20			
1.30			
1.40			
1.50			

CL
A-6 (9)
Re



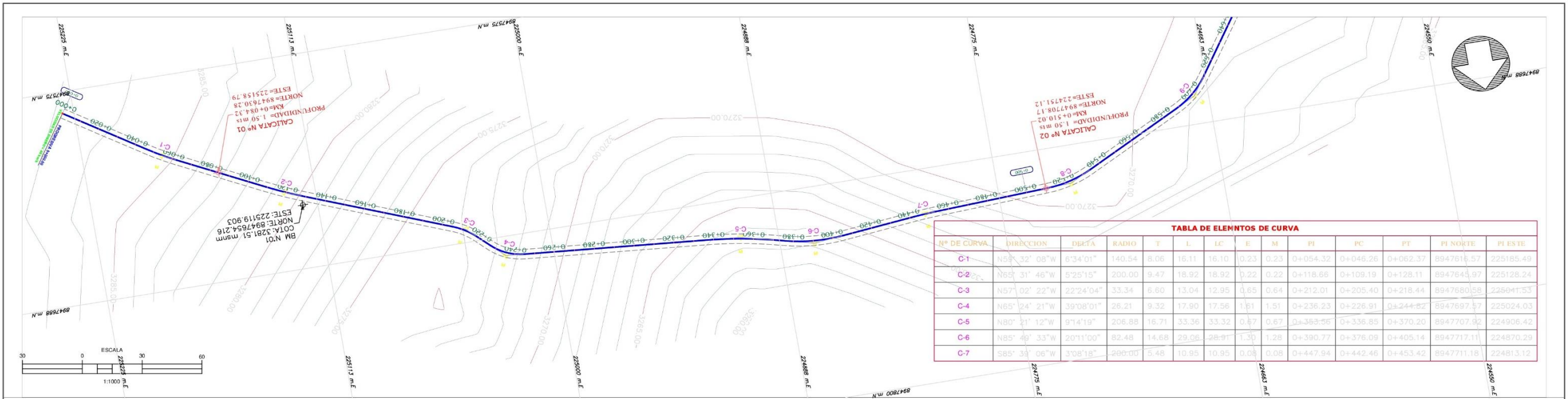


LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO  
1/10000

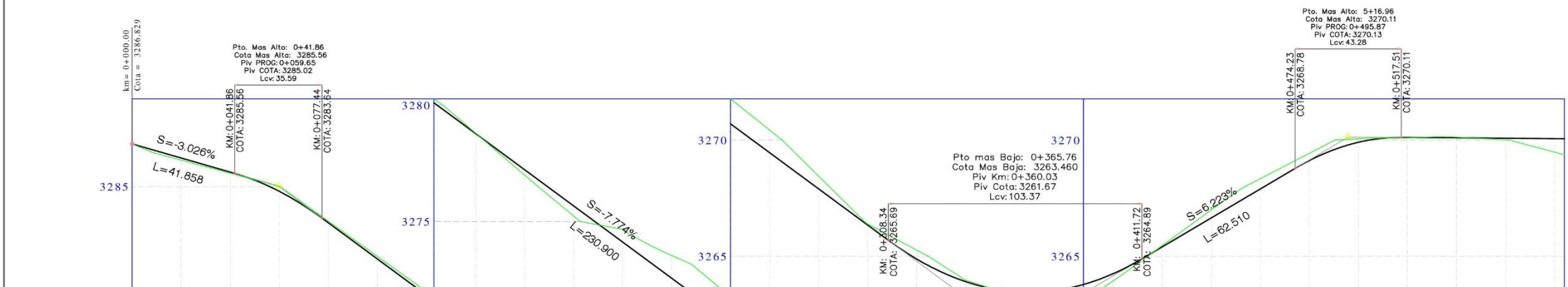
UBICACIÓN DEL PROYECTO  
1/6500

	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>		
	PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZUCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018		
PLANO: <b>UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO</b>	TESISISTAS: ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS VELASQUEZ PEREZ JHONATAN		ESC : INDICADA FECHA: OCTUBRE 2018
UBICACIÓN: DPTO : ANCASH PROVINCIA : HUARAZ DISTRITO : INDEPENDENCIA	LOCALIDADES DE: PINAR-MARIAN		LAMINA N°  <b>U-01</b>





Nº DE CURVA	DIRECCION	DIRTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
C-1	N53° 32' 08" W	6°34'01" *	140.54	8.06	16.11	16.10	0.23	0.23	0+054.32	0+046.26	0+062.37	8947614.57	225185.49
C-2	N85° 31' 46" W	5°25'15" *	200.00	9.47	18.92	18.92	0.22	0.22	0+118.66	0+109.19	0+128.11	8947644.97	225126.24
C-3	N57° 02' 22" W	22°24'04" *	33.34	6.60	13.04	12.95	0.65	0.64	0+212.01	0+205.40	0+218.44	8947680.58	225041.53
C-4	N65° 24' 21" W	39°08'01" *	26.21	9.32	17.90	17.56	1.81	1.51	0+236.23	0+226.91	0+244.82	8947697.57	225024.03
C-5	N80° 12' 12" W	10°44'19" *	208.88	16.71	33.36	33.32	0.67	0.67	0+383.56	0+336.85	0+370.20	8947707.82	224906.42
C-6	N85° 49' 33" W	20°11'00" *	82.48	14.68	29.06	28.91	1.30	1.28	0+390.77	0+376.09	0+405.14	8947717.11	224870.29
C-7	S85° 34' 06" W	3°08'18" *	668.00	5.48	10.95	10.95	0.08	0.08	0+447.94	0+442.46	0+453.42	8947711.18	224813.12



STACION	COTA TERRENO	COTA RAZANTE	ALTURA DE CORTE	ALTURA RELLENO
0+000	3286.83	3286.83	0.00	0.00
0+020	3286.13	3286.22	0.09	0.09
0+040	3285.57	3285.62	0.05	0.05
0+060	3285.00	3284.79	0.21	0.21
0+080	3283.51	3283.44	0.07	0.07
0+100	3282.00	3281.89	0.11	0.11
0+120	3280.49	3280.33	0.16	0.16
0+140	3278.80	3278.78	0.02	0.02
0+160	3277.00	3277.22	0.23	0.23
0+180	3275.23	3275.67	0.43	0.43
0+200	3274.63	3274.11	0.52	0.52
0+220	3273.54	3272.56	0.98	0.98
0+240	3272.11	3271.00	1.11	1.11
0+260	3270.42	3269.45	0.97	0.97
0+280	3268.44	3267.89	0.54	0.54
0+300	3266.38	3266.34	0.04	0.04
0+320	3265.26	3264.88	0.39	0.39
0+340	3263.97	3263.91	0.06	0.06
0+360	3263.48	3263.48	0.00	0.00
0+380	3263.39	3263.60	0.21	0.21
0+400	3263.94	3264.25	0.31	0.31
0+420	3265.46	3265.41	0.06	0.06
0+440	3266.99	3266.65	0.34	0.34
0+460	3268.34	3267.89	0.44	0.44
0+480	3269.43	3269.11	0.31	0.31
0+500	3270.05	3269.90	0.15	0.15
0+520	3270.09	3270.11	0.02	0.02
0+540	3270.12	3270.09	0.03	0.03
0+560	3270.01	3270.07	0.07	0.07
0+580	3270.06	3270.06	0.00	0.00
0+600	3269.47	3269.36	0.11	0.11

STACION	GEOMETRIA HORIZONTAL	PENDIENTES LONG. CURVA PERFIL
0+000	L=46.26m	-3.03%
0+040	L=16.11m R=149.54m	35.59
0+080	L=46.82m R=209.00m	-7.77%
0+120	L=77.29m R=33.34m	103.37
0+160	L=13.04m R=8.47m	61.230%
0+200	L=17.90m R=26.21m	43.28
0+240	L=92.03m R=206.88m	-0.06%
0+280	L=5.88m R=82.48m	
0+320	L=29.06m R=37.32m	
0+360	L=10.96m R=200.00m	
0+400	L=57.48m R=53.96m	
0+440	L=23.65m R=53.96m	
0+480	L=63.73m	

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS  
 "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018"

PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL Km 00+000 AL Km 00+580

DEPARTAMENTO: ANCASSH  
 PROYECTISTA: RICHY ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS ELIAR  
 BACH: VELÁSQUEZ PÉREZ JHONATAN JULIAN

PLANO: P2

FECHA: DICIEMBRE DEL 2018

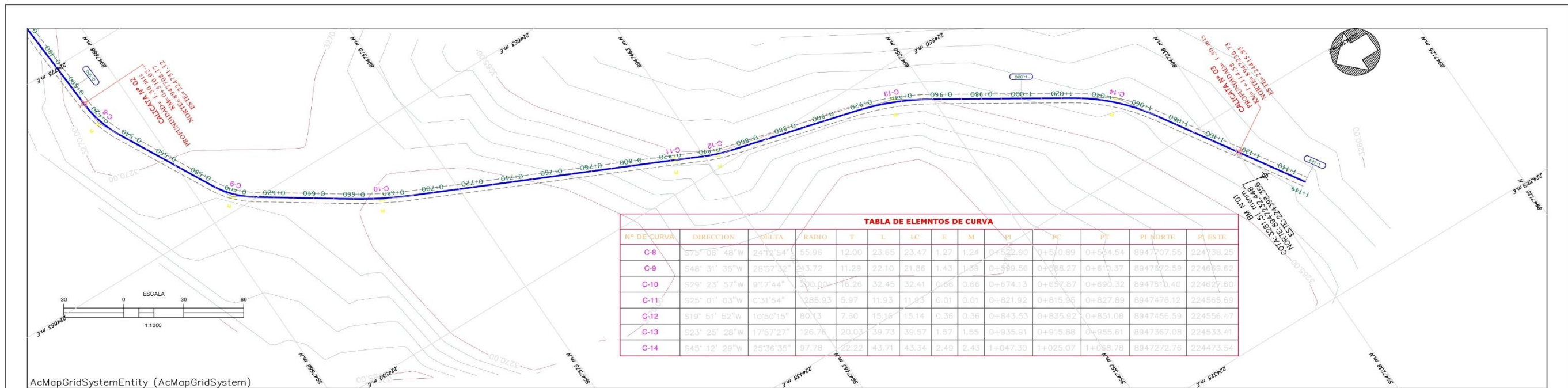
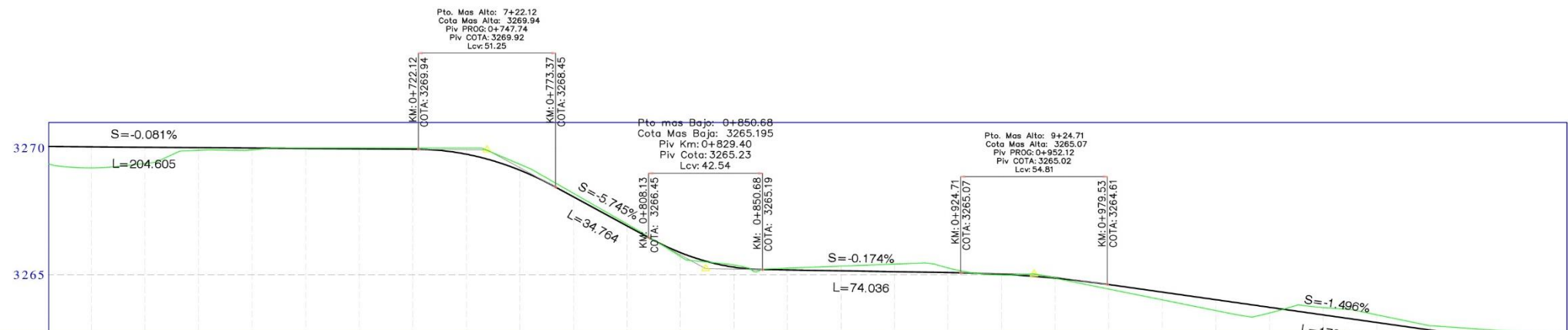


TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA													
Nº DE CURVA	DIRECCION	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PH	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
C-8	S75° 06' 48" W	24° 12' 54"	55.96	12.00	23.65	23.47	1.27	1.24	0+522.90	0+504.89	0+504.54	8947707.55	224738.25
C-9	S48° 31' 35" W	28° 57' 32"	53.72	11.29	22.10	21.86	1.43	1.39	0+599.56	0+588.27	0+587.37	8947672.59	224699.62
C-10	S29° 23' 57" W	9° 17' 44"	200.00	16.26	32.45	32.41	0.66	0.66	0+674.13	0+657.87	0+650.32	8947610.40	224627.60
C-11	S25° 01' 03" W	0° 31' 54"	285.93	5.97	11.93	11.93	0.01	0.01	0+821.92	0+815.96	0+827.89	8947476.12	224565.69
C-12	S19° 51' 52" W	10° 50' 15"	80.13	7.60	15.14	15.14	0.36	0.36	0+843.53	0+835.92	0+851.08	8947456.59	224556.47
C-13	S23° 25' 28" W	17° 57' 27"	326.76	20.03	39.73	39.57	1.57	1.55	0+935.91	0+915.88	0+955.61	8947367.08	224533.41
C-14	S45° 12' 29" W	25° 38' 35"	97.78	22.22	43.71	43.34	2.49	2.43	1+047.30	1+025.07	1+068.78	8947272.76	224473.54



PROGRESIVA	COTA TERRENO	COTA RAZANTE	ALTURA DE CORTE	ALTURA RELLENO	GEOMETRIA HORIZONTAL	PENDIENTES LONG. CURVA PERFIL
0+584	3269.36	3270.06		0.69	L=22.10m R=43.72m	-0.08%
0+600	3269.21	3270.84		0.83	L=47.50m	
0+620	3269.39	3270.83		0.64	L=32.45m R=200.00m	
0+640	3269.91	3270.81		0.10	L=125.64m	
0+660	3269.92	3269.99		0.08	L=11.93m R=1285.93m	51.25
0+680	3270.00	3269.98	0.02		L=8.04m	-5.75%
0+700	3270.00	3269.96	0.04		L=15.16m R=80.13m	42.54
0+720	3270.00	3269.95	0.05		L=64.80m	-0.17%
0+740	3270.00	3269.75	0.25		L=39.73m R=126.76m	54.81
0+760	3269.35	3269.12	0.23		L=69.46m	-1.50%
0+780	3268.21	3268.07	0.14		L=82.42m	
0+800	3267.00	3266.92	0.08			
0+820	3265.71	3265.86	0.15			
0+840	3265.37	3265.29	0.09			
0+860	3265.25	3265.18	0.07			
0+880	3265.33	3265.14	0.19			
0+900	3265.41	3265.11	0.30			
0+920	3265.26	3265.07	0.18			
0+940	3264.98	3265.01		0.03		
0+960	3264.85	3264.85	0.00			
0+980	3264.42	3264.60		0.18		
1+000	3264.00	3264.30		0.30		
1+020	3263.57	3264.00		0.43		
1+040	3263.48	3263.70		0.23		
1+060	3263.69	3263.40	0.29			
1+080	3263.41	3263.11	0.30			
1+100	3262.98	3262.81	0.17			
1+120	3262.83	3262.51	0.32			
1+140	3262.68	3262.21	0.47			
1+149	3262.50	3262.21				

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS  
 "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018"

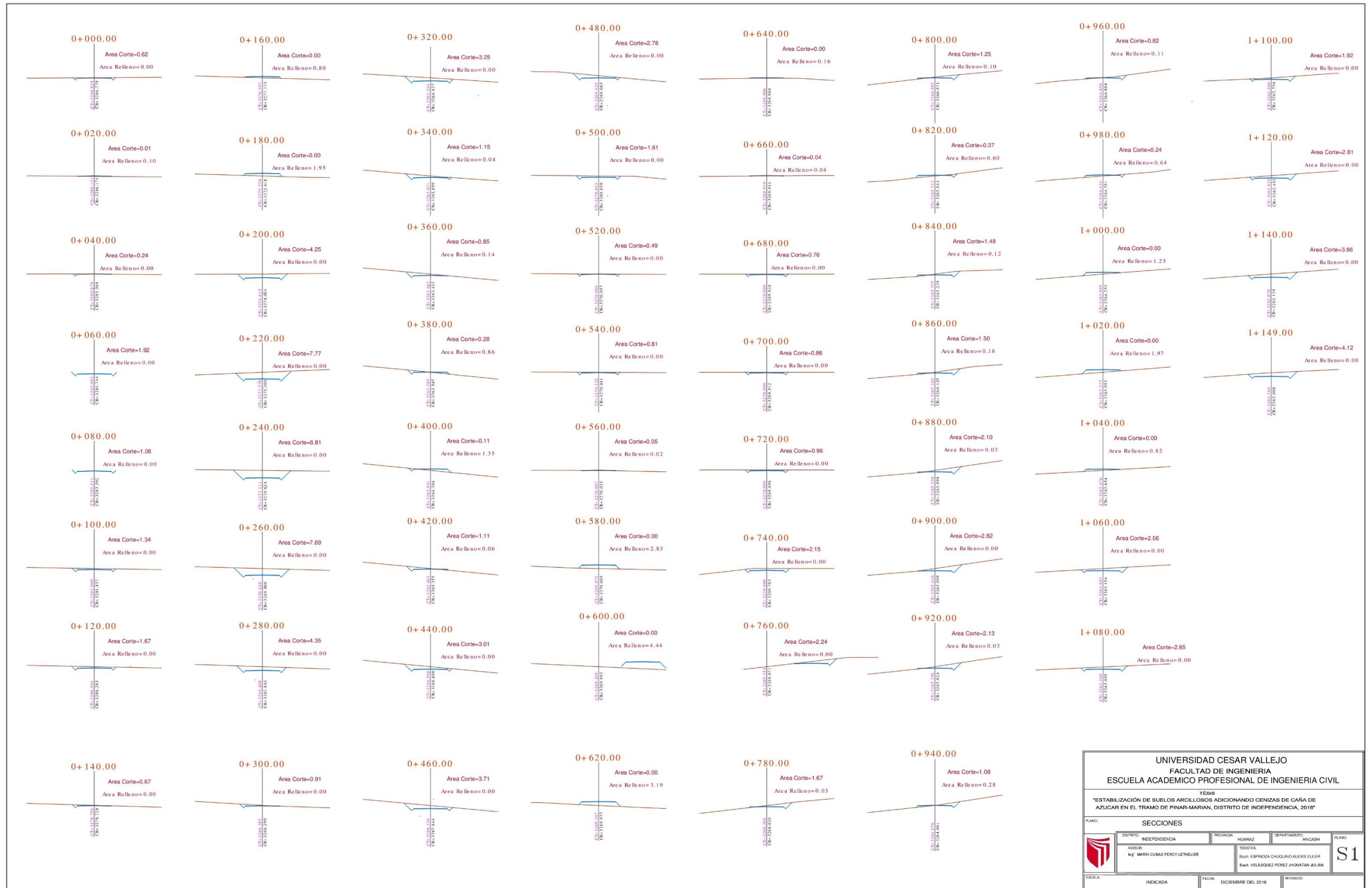
PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL Km 00+584 AL Km 01+151.20

DISTRITO: INDEPENDENCIA PROVINCIA: HUÁRAZ DEPARTAMENTO: ANCASH PLANO: P3

ASESOR: Ing. MARIN CUBAS PERCY LETHÉLIER PROYECTISTA: Bch. ESPINOZA CHEJUNO ALEXIS ELLER Bch. VELÁSQUEZ PÉREZ JHONATAN JULIAN

FECHA: DICIEMBRE DEL 2018





<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b>			
TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018"			
PLAN: SECCIONES			
	DISTRITO: INDEPENDENCIA	PROVINCIA: HUARAZ	DEPARTAMENTO: ANCASH
	ASesor: Ing. MARIN CUBAS PERCY LETHIER		TESISISTAS: Bach. ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER Bach. VELÁSQUEZ PÉREZ JHONATAN JULIAN
ESCALA: INDICADA	FECHA: DICIEMBRE DEL 2018	REVISADO:	
			S1

CUADRO DE AREAS Y VOLUMENES						
PROGRESIVA	AREA RELLENO	AREA CORTE	VOLUMEN RELLENO	VOLUMEN CORTE	VOLUMEN ACUMULADO RELLENO	VOLUMEN ACUMULADO CORTE
0+000.00	0.00	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	0.20	0.00	0.98	3.09	0.98	3.09
0+020.00	0.10	0.01	1.50	0.07	2.48	3.16
0+030.00	0.03	0.14	0.66	0.76	3.13	3.93
0+040.00	0.00	0.24	0.13	1.88	3.27	5.81
0+050.00	0.00	0.72	0.00	4.80	3.27	10.61
0+060.00	0.00	1.92	0.00	13.22	3.27	23.83
0+070.00	0.00	1.16	0.00	15.40	3.27	39.22
0+080.00	0.00	1.06	0.00	11.08	3.27	50.31
0+090.00	0.00	1.20	0.00	11.30	3.27	61.61
0+100.00	0.00	1.34	0.00	12.72	3.27	74.33
0+110.00	0.00	1.49	0.00	14.15	3.27	88.47
0+120.00	0.00	1.67	0.00	15.74	3.27	104.22
0+130.00	0.00	1.55	0.00	16.08	3.27	120.30
0+140.00	0.00	0.67	0.00	11.13	3.27	131.43
0+150.00	0.20	0.16	0.99	4.15	4.26	135.58
0+160.00	0.80	0.00	4.97	0.79	9.23	136.37
0+170.00	1.39	0.00	10.94	0.00	20.17	136.37
0+180.00	1.95	0.00	16.73	0.00	36.90	136.37
0+190.00	0.00	0.31	9.76	1.56	46.66	137.92

CUADRO DE AREAS Y VOLUMENES						
PROGRESIVA	AREA RELLENO	AREA CORTE	VOLUMEN RELLENO	VOLUMEN CORTE	VOLUMEN ACUMULADO RELLENO	VOLUMEN ACUMULADO CORTE
0+200.00	0.00	4.25	0.00	22.81	46.66	160.74
0+210.00	0.00	5.58	0.00	49.04	46.66	209.77
0+220.00	0.00	7.77	0.00	66.34	46.66	276.11
0+230.00	0.00	9.70	0.00	87.53	46.66	363.64
0+240.00	0.00	8.81	0.00	92.67	46.66	456.31
0+250.00	0.00	8.21	0.00	84.94	46.66	541.24
0+260.00	0.00	7.69	0.00	79.49	46.66	620.74
0+270.00	0.00	6.37	0.00	70.31	46.66	691.05
0+280.00	0.00	4.35	0.00	53.62	46.66	744.67
0+290.00	0.00	2.47	0.00	34.09	46.66	778.76
0+300.00	0.00	0.91	0.00	16.90	46.66	795.66
0+310.00	0.00	2.36	0.00	16.39	46.66	812.04
0+320.00	0.00	3.25	0.02	28.06	46.68	840.10
0+330.00	0.01	2.76	0.07	30.03	46.75	870.14
0+340.00	0.04	1.15	0.24	19.55	46.99	889.69
0+350.00	0.13	0.79	0.83	9.81	47.82	899.50
0+360.00	0.14	0.85	1.37	8.29	49.19	907.79
0+370.00	0.17	0.79	1.57	8.30	50.76	916.09
0+380.00	0.86	0.28	5.18	5.32	55.94	921.41
0+390.00	2.41	0.00	16.54	1.36	72.48	922.77

CUADRO DE AREAS Y VOLUMENES						
PROGRESIVA	AREA RELLENO	AREA CORTE	VOLUMEN RELLENO	VOLUMEN CORTE	VOLUMEN ACUMULADO RELLENO	VOLUMEN ACUMULADO CORTE
0+400.00	1.35	0.11	19.00	0.55	91.49	923.32
0+410.00	0.40	0.54	8.79	3.22	100.28	926.54
0+420.00	0.06	1.11	2.29	8.27	102.56	934.82
0+430.00	0.00	2.02	0.31	15.68	102.87	950.50
0+440.00	0.00	3.01	0.01	25.18	102.89	975.67
0+450.00	0.00	3.95	0.00	34.94	102.89	1010.62
0+460.00	0.00	3.71	0.00	38.32	102.89	1048.94
0+470.00	0.00	3.15	0.00	34.33	102.89	1083.27
0+480.00	0.00	2.78	0.00	29.67	102.89	1112.94
0+490.00	0.00	2.84	0.00	28.09	102.89	1141.03
0+500.00	0.00	1.61	0.00	22.24	102.89	1163.26
0+510.00	0.00	0.61	0.00	11.11	102.89	1174.38
0+520.00	0.00	0.49	0.00	5.51	102.89	1179.89
0+530.00	0.00	0.79	0.00	6.41	102.89	1186.30
0+540.00	0.00	0.81	0.00	8.01	102.89	1194.31
0+550.00	0.00	0.50	0.00	6.57	102.89	1200.88
0+560.00	0.02	0.05	0.09	2.74	102.98	1203.62
0+570.00	1.25	0.00	6.36	0.23	109.33	1203.85
0+580.00	2.83	0.00	20.45	0.00	129.78	1203.85
0+590.00	4.17	0.00	35.04	0.00	164.82	1203.85

CUADRO DE AREAS Y VOLUMENES						
PROGRESIVA	AREA RELLENO	AREA CORTE	VOLUMEN RELLENO	VOLUMEN CORTE	VOLUMEN ACUMULADO RELLENO	VOLUMEN ACUMULADO CORTE
0+600.00	4.44	0.00	43.28	0.00	208.10	1203.85
0+610.00	3.99	0.00	42.41	0.00	250.50	1203.85
0+620.00	3.19	0.00	35.89	0.00	286.40	1203.85
0+630.00	1.18	0.00	21.84	0.00	308.23	1203.85
0+640.00	0.16	0.00	6.71	0.00	314.95	1203.85
0+650.00	0.11	0.03	1.37	0.17	316.31	1204.02
0+660.00	0.04	0.04	0.75	0.36	317.07	1204.38
0+670.00	0.00	0.70	0.20	3.71	317.26	1208.09
0+680.00	0.00	0.76	0.00	7.30	317.26	1215.39
0+690.00	0.00	0.81	0.00	7.81	317.26	1223.20
0+700.00	0.00	0.86	0.00	8.32	317.26	1231.53
0+710.00	0.00	0.91	0.00	8.84	317.26	1240.37
0+720.00	0.00	0.96	0.00	9.35	317.26	1249.72
0+730.00	0.00	1.23	0.00	10.98	317.26	1260.70
0+740.00	0.00	2.15	0.00	16.93	317.26	1277.63
0+750.00	0.00	2.58	0.00	23.66	317.26	1301.29
0+760.00	0.00	2.24	0.00	24.08	317.26	1325.37
0+770.00	0.01	0.00	0.04	11.18	317.30	1336.55
0+780.00	0.03	1.67	0.18	8.34	317.48	1344.89
0+790.00	0.06	1.49	0.42	15.81	317.90	1360.70

CUADRO DE AREAS Y VOLUMENES						
PROGRESIVA	AREA RELLENO	AREA CORTE	VOLUMEN RELLENO	VOLUMEN CORTE	VOLUMEN ACUMULADO RELLENO	VOLUMEN ACUMULADO CORTE
0+800.00	0.10	1.25	0.77	13.73	318.66	1374.43
0+810.00	0.15	0.92	1.23	10.88	319.90	1385.31
0+820.00	0.60	0.37	3.75	6.45	323.65	1391.76
0+830.00	0.34	1.02	4.72	6.93	328.37	1398.69
0+840.00	0.12	1.48	2.30	12.61	330.68	1411.30
0+850.00	0.26	0.63	1.85	10.80	332.53	1422.10
0+860.00	0.16	1.50	2.09	10.65	334.62	1432.75
0+870.00	0.09	1.79	1.23	16.43	335.85	1449.18
0+880.00	0.03	2.10	0.60	19.45	336.45	1468.62
0+890.00	0.01	2.45	0.21	22.76	336.66	1491.39
0+900.00	0.00	2.82	0.04	26.36	336.69	1517.74
0+910.00	0.00	3.29	0.01	30.54	336.71	1548.29
0+920.00	0.03	2.13	0.18	26.94	336.89	1575.23
0+930.00	0.24	1.23	1.39	16.54	338.28	1591.76
0+940.00	0.28	1.08	2.65	11.35	340.93	1603.12
0+950.00	0.09	1.55	1.86	12.93	342.79	1616.05
0+960.00	0.11	0.82	0.97	11.77	343.76	1627.82
0+970.00	0.37	0.41	2.38	6.18	346.14	1634.00
0+980.00	0.64	0.24	5.08	3.24	351.22	1637.24
0+990.00	0.93	0.13	7.86	1.84	359.08	1639.08

CUADRO DE AREAS Y VOLUMENES						
PROGRESIVA	AREA RELLENO	AREA CORTE	VOLUMEN RELLENO	VOLUMEN CORTE	VOLUMEN ACUMULADO RELLENO	VOLUMEN ACUMULADO CORTE
1+000.00	1.25	0.00	10.90	0.66	369.98	1639.75
1+010.00	1.61	0.00	14.31	0.00	384.28	1639.75
1+020.00	1.97	0.00	17.88	0.00	402.17	1639.75
1+030.00	2.28	0.00	21.32	0.00	423.49	1639.75
1+040.00	0.82	0.00	15.62	0.01	439.11	1639.75
1+050.00	0.00	2.09	4.14	10.38	443.25	1650.14
1+060.00	0.00	2.56	0.00	23.07	443.25	1673.21
1+070.00	0.00	3.08	0.00	28.04	443.25	1701.25
1+080.00	0.00	2.65	0.00	28.63	443.25	1729.88
1+090.00	0.00	2.18	0.00	24.15	443.25	1754.02
1+100.00	0.00	1.92	0.00	20.51	443.25	1774.53
1+110.00	0.00	2.30	0.00	21.12	443.25	1795.66
1+120.00	0.00	2.81	0.00	25.59	443.25	1821.24
1+130.00	0.00	3.33	0.00	30.73	443.25	1851.97
1+140.00	0.00	3.86	0.00	35.98	443.25	1887.95
1+149.00	0.00	4.12	0.00	39.94	443.25	1927.89

<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>			
FACULTAD DE INGENIERIA			
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS			
"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR-MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, 2018"			
PLANO: CUADRO DE ÁREAS Y VOLUMENES			
DISTRITO:	INDEPENDENCIA	PROVINCIA:	HUARAZ
DEPARTAMENTO:	ANCASH	PLANO:	
ASESOR:	Ing. MARIN CUBAS PERCY LETHIELER	PROYECTISTA:	Bch. ESPINOZA CHUQUINO ALEXIS EULER Bch. VELÁSQUEZ PÉREZ JHONATAN JULIAN
ESCALA:	INDICADA	FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2018
		REVISADO:	



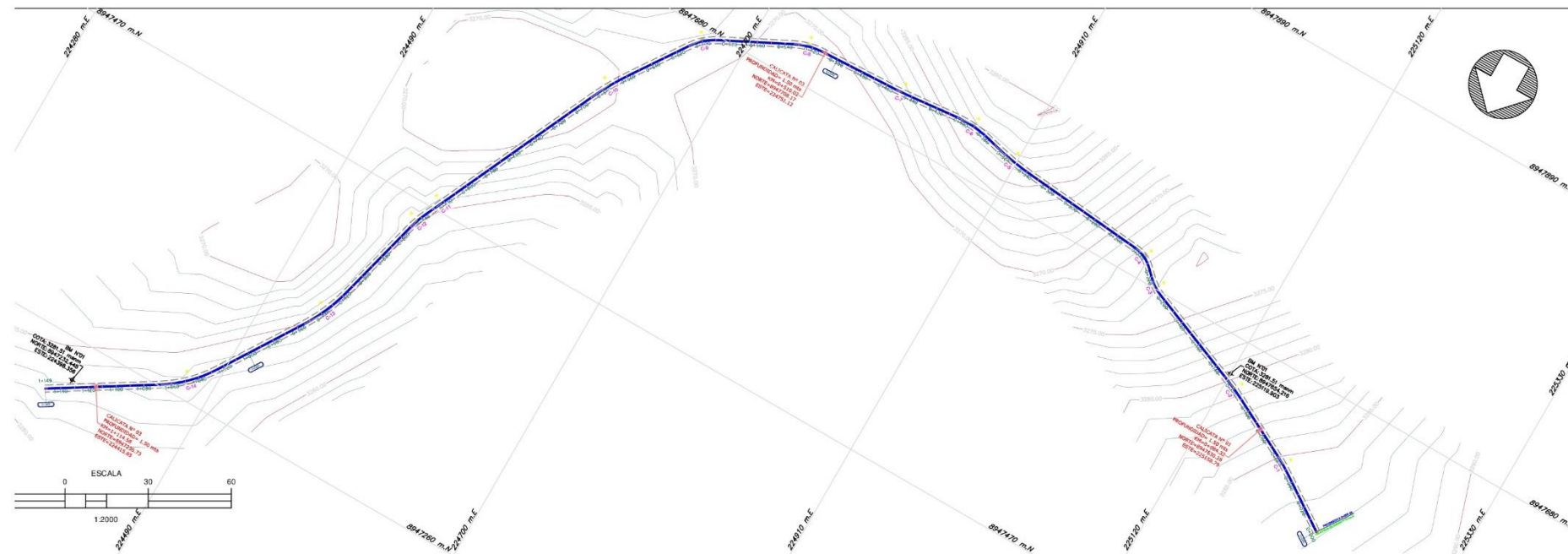


TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA													
Nº DE CURVA	DIRECCION	DELTA	RADIO	T	L	IC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ES
C-1	N89° 32' 08" W	8° 34' 01"	140.54	8.06	16.11	16.10	0.23	0.23	0+054.32	0+062.37	8947616.57	22518	
C-2	N65° 31' 46" W	5° 25' 15"	200.00	9.47	18.92	18.92	0.22	0.22	0+118.66	0+109.19	0+128.11	8947645.97	22512
C-3	N57° 02' 22" W	22° 24' 04"	33.34	6.60	13.04	12.95	0.65	0.64	0+212.01	0+205.40	0+218.44	8947680.58	22504
C-4	N66° 24' 21" W	39° 08' 01"	26.21	9.32	17.90	17.56	1.61	1.51	0+236.23	0+226.91	0+244.82	8947697.57	22502
C-5	N80° 21' 12" W	9° 14' 19"	208.89	16.71	33.36	33.32	0.67	0.67	0+353.56	0+336.85	0+370.00	8947707.92	22495
C-6	N85° 49' 33" W	20° 11' 00"	82.48	14.68	29.08	28.91	1.30	1.28	0+390.77	0+376.09	0+403.14	8947717.11	22487
C-7	S85° 39' 06" W	3° 08' 16"	200.00	5.48	10.95	10.95	0.08	0.08	0+447.94	0+442.46	0+453.42	8947711.18	22481

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA													
Nº DE CURVA	DIRECCION	DELTA	RADIO	T	L	IC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ES
C-8	S75° 06' 48" W	24° 12' 54"	55.96	12.00	23.65	23.47	1.27	1.24	0+522.90	0+510.89	0+534.54	8947707.55	22473
C-9	S48° 31' 05" W	28° 57' 32"	43.72	11.29	22.10	21.86	1.43	1.39	0+599.56	0+588.27	0+610.37	8947722.59	22466
C-10	S25° 23' 57" W	9° 17' 44"	200.00	16.26	32.45	32.41	0.66	0.66	0+674.13	0+657.87	0+690.32	8947610.40	22462
C-11	S25° 01' 03" W	0° 51' 54"	1285.93	5.97	11.93	11.93	0.01	0.01	0+821.92	0+815.95	0+827.89	8947476.12	22456
C-12	S19° 51' 52" W	10° 50' 15"	80.15	7.60	15.18	15.14	0.36	0.36	0+843.53	0+835.02	0+851.08	8947456.59	22455
C-13	S23° 25' 28" W	17° 57' 27"	126.78	20.03	39.73	39.57	1.57	1.55	0+935.91	0+915.88	0+955.61	8947367.08	22453
C-14	S45° 12' 29" W	25° 36' 35"	97.78	22.22	43.71	43.34	2.48	2.43	1+047.30	1+026.78	1+068.78	8947272.76	22447

PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA: H=1/1000  
V=1/100

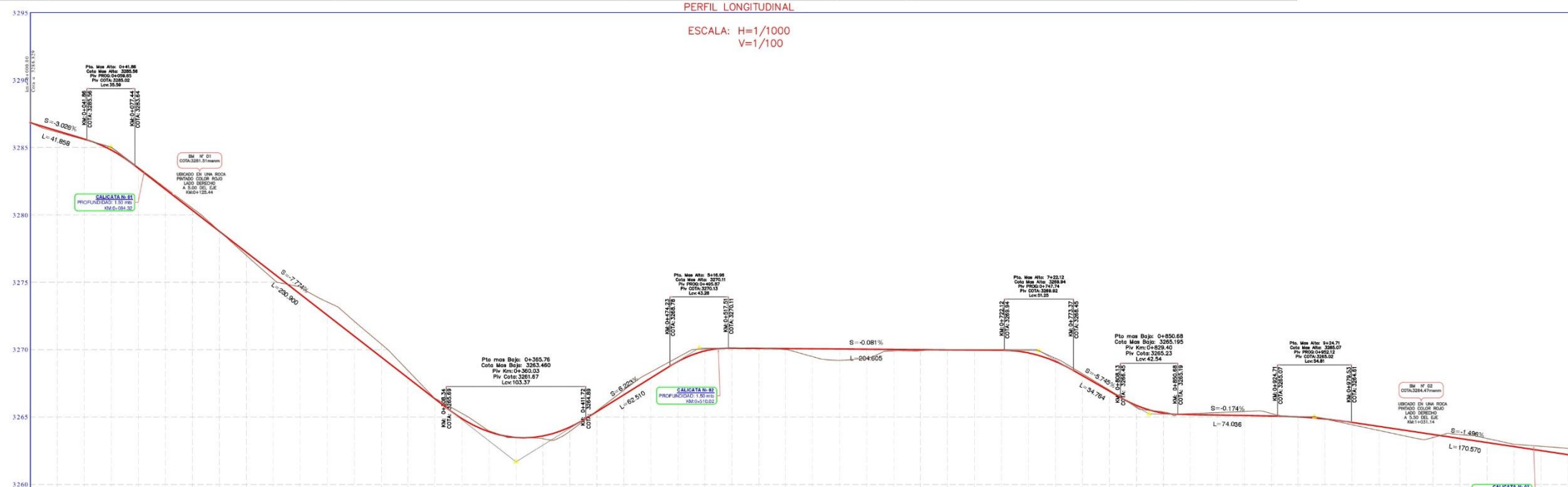


TABLA DEPTOS INTERSECCION (PI)				
Nº	T	PI	PI NORTE	PI ESTE
1	8.06	0+054.32	8947616.572	225185.487
2	9.47	0+118.66	8947645.970	225128.238
3	6.60	0+212.01	8947680.581	225041.528
4	9.32	0+236.23	8947697.574	225024.031
5	16.71	0+353.56	8947707.920	224906.425
6	14.68	0+390.77	8947717.106	224870.294
7	5.48	0+447.94	8947711.181	224813.124

TABLA DEPTOS INTERSECCION (PI)				
Nº	T	PI	PI NORTE	PI ESTE
8	12.00	0+522.90	8947707.546	224738.252
9	11.29	0+599.56	8947672.585	224669.620
10	16.26	0+674.13	8947610.400	224627.601
11	5.97	0+821.92	8947476.123	224565.694
12	7.60	0+843.53	8947456.586	224556.466
13	20.03	0+935.91	8947367.083	224533.410
14	22.22	1+047.30	8947272.760	224473.543

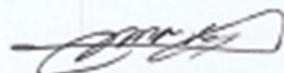
	0+000	0+050	0+100	0+150	0+200	0+250	0+300	0+350	0+400	0+450	0+500	0+550	0+600	0+650	0+700	0+750	0+800	0+850	0+900	0+950	1+000	1+050	1+100	1+150	1+200	1+250	1+300	1+350	1+400	1+450	1+500	1+550	1+600	1+650	1+700	1+750	1+800	1+850	1+900	1+950	2+000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
COTA TERRENO	3283.83	3284.17	3283.57	3283.68	3283.51	3282.08	3280.49	3278.86	3277.08	3275.23	3273.63	3273.24	3272.11	3270.42	3268.44	3266.38	3264.29	3262.97	3261.48	3260.00	3258.51	3257.02	3255.53	3254.04	3252.55	3251.06	3249.57	3248.08	3246.59	3245.10	3243.61	3242.12	3240.63	3239.14	3237.65	3236.16	3234.67	3233.18	3231.69	3230.20	3228.71	3227.22	3225.73	3224.24	3222.75	3221.26	3219.77	3218.28	3216.79	3215.30	3213.81	3212.32	3210.83	3209.34	3207.85	3206.36	3204.87	3203.38	3201.89	3200.40	3198.91	3197.42	3195.93	3194.44	3192.95	3191.46	3189.97	3188.48	3186.99	3185.50	3184.01	3182.52	3181.03	3179.54	3178.05	3176.56	3175.07	3173.58	3172.09	3170.60	3169.11	3167.62	3166.13	3164.64	3163.15	3161.66	3160.17	3158.68	3157.19	3155.70	3154.21	3152.72	3151.23	3149.74	3148.25	3146.76	3145.27	3143.78	3142.29	3140.80	3139.31	3137.82	3136.33	3134.84	3133.35	3131.86	3130.37	3128.88	3127.39	3125.90	3124.41	3122.92	3121.43	3119.94	3118.45	3116.96	3115.47	3113.98	3112.49	3111.00	3109.51	3108.02	3106.53	3105.04	3103.55	3102.06	3100.57	3099.08	3097.59	3096.10	3094.61	3093.12	3091.63	3090.14	3088.65	3087.16	3085.67	3084.18	3082.69	3081.20	3079.71	3078.22	3076.73	3075.24	3073.75	3072.26	3070.77	3069.28	3067.79	3066.30	3064.81	3063.32	3061.83	3060.34	3058.85	3057.36	3055.87	3054.38	3052.89	3051.40	3049.91	3048.42	3046.93	3045.44	3043.95	3042.46	3040.97	3039.48	3037.99	3036.50	3035.01	3033.52	3032.03	3030.54	3029.05	3027.56	3026.07	3024.58	3023.09	3021.60	3020.11	3018.62	3017.13	3015.64	3014.15	3012.66	3011.17	3009.68	3008.19	3006.70	3005.21	3003.72	3002.23	3000.74	2999.25	2997.76	2996.27	2994.78	2993.29	2991.80	2990.31	2988.82	2987.33	2985.84	2984.35	2982.86	2981.37	2979.88	2978.39	2976.90	2975.41	2973.92	2972.43	2970.94	2969.45	2967.96	2966.47	2964.98	2963.49	2962.00	2960.51	2959.02	2957.53	2956.04	2954.55	2953.06	2951.57	2950.08	2948.59	2947.10	2945.61	2944.12	2942.63	2941.14	2939.65	2938.16	2936.67	2935.18	2933.69	2932.20	2930.71	2929.22	2927.73	2926.24	2924.75	2923.26	2921.77	2920.28	2918.79	2917.30	2915.81	2914.32	2912.83	2911.34	2909.85	2908.36	2906.87	2905.38	2903.89	2902.40	2900.91	2899.42	2897.93	2896.44	2894.95	2893.46	2891.97	2890.48	2888.99	2887.50	2886.01	2884.52	2883.03	2881.54	2880.05	2878.56	2877.07	2875.58	2874.09	2872.60	2871.11	2869.62	2868.13	2866.64	2865.15	2863.66	2862.17	2860.68	2859.19	2857.70	2856.21	2854.72	2853.23	2851.74	2850.25	2848.76	2847.27	2845.78	2844.29	2842.80	2841.31	2839.82	2838.33	2836.84	2835.35	2833.86	2832.37	2830.88	2829.39	2827.90	2826.41	2824.92	2823.43	2821.94	2820.45	2818.96	2817.47	2815.98	2814.49	2813.00	2811.51	2810.02	2808.53	2807.04	2805.55	2804.06	2802.57	2801.08	2799.59	2798.10	2796.61	2795.12	2793.63	2792.14	2790.65	2789.16	2787.67	2786.18	2784.69	2783.20	2781.71	2780.22	2778.73	2777.24	2775.75	2774.26	2772.77	2771.28	2769.79	2768.30	2766.81	2765.32	2763.83	2762.34	2760.85	2759.36	2757.87	2756.38	2754.89	2753.40	2751.91	2750.42	2748.93	2747.44	2745.95	2744.46	2742.97	2741.48	2739.99	2738.50	2737.01	2735.52	2734.03	2732.54	2731.05	2729.56	2728.07	2726.58	2725.09	2723.60	2722.11	2720.62	2719.13	2717.64	2716.15	2714.66	2713.17	2711.68	2710.19	2708.70	2707.21	2705.72	2704.23	2702.74	2701.25	2700.76	2699.27	2697.78	2696.29	2694.80	2693.31	2691.82	2690.33	2688.84	2687.35	2685.86	2684.37	2682.88	2681.39	2679.90	2678.41	2676.92	2675.43	2673.94	2672.45	2670.96	2669.47	2667.98	2666.49	2665.00	2663.51	2662.02	2660.53	2659.04	2657.55	2656.06	2654.57	2653.08	2651.59	2650.10	2648.61	2647.12	2645.63	2644.14	2642.65	2641.16	2639.67	2638.18	2636.69	2635.20	2633.71	2632.22	2630.73	2629.24	2627.75	2626.26	2624.77	2623.28	2621.79	2620.30	2618.81	2617.32	2615.83	2614.34	2612.85	2611.36	2609.87	2608.38	2606.89	2605.40	2603.91	2602.42	2600.93	2599.44	2597.95	2596.46	2594.97	2593.48	2591.99	2590.50	2589.01	2587.52	2586.03	2584.54	2583.05	2581.56	2580.07	2578.58	2577.09	2575.60	2574.11	2572.62	2571.13	2569.64	2568.15	2566.66	2565.17	2563.68	2562.19	2560.70	2559.21	2557.72	2556.23	2554.74	2553.25	2551.76	2550.27	2548.78	2547.29	2545.80	2544.31	2542.82	2541.33	2539.84	2538.35	2536.86	2535.37	2533.88	2532.39	2530.90	2529.41	2527.92	2526.43	2524.94	2523.45	2521.96	2520.47	2518.98	2517.49	2516.00	2514.51	2513.02	2511.53	2510.04	2508.55	2507.06	2505.57	2504.08	2502.59	2501.10	2499.61	2498.12	2496.63	2495.14	2493.65	2492.16	2490.67	2489.18	2487.69	2486.20	2484.71	2483.22	2481.73	2480.24	2478.75	2477.26	2475.77	2474.28	2472.79	2471.30	2469.81	2468.32	2466.83	2465.34	2463.85	2462.36	2460.87	2459.38	2457.89	2456.40	2454.91	245



Yo, Mgtr. ERIKA MAGALY MOZO CASTAÑEDA docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Huaraz, revisor (a) de la tesis titulada "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR - MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA 2018", del (de la) estudiante ESPINOZA CHUQUINO, ALEXIS EULER y VELASQUEZ PEREZ, JHONATAN JULIAN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 21% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Huaraz, 10 de Diciembre del 2018



Mgtr. ERIKA MAGALY MOZO CASTAÑEDA

DNI: 4071 1879

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

E. P. Ingeniería Civil

---

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

ESPINOZA CHUQUINO, ALEXIS EULER

INFORME TÍTULADO:

“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR - MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA 2018”

---

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

---

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: Martes, 11 de Diciembre de 2018

NOTA O MENCIÓN: Diecisiete ( 17 )



FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

E. P. Ingeniería Civil

---

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

VELASQUEZ PEREZ, JHONATAN JULIAN

INFORME TÍTULADO:

“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL TRAMO DE PINAR - MARIAN, DISTRITO DE INDEPENDENCIA 2018”

---

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

---

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: Martes, 11 de Diciembre de 2018

NOTA O MENCIÓN: Diecisiete (17)



  
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN