

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



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**“Optimización de la estructura de un pavimento flexible estabilizándolo  
con adición de escoria de hornos eléctricos- Nuevo Chimbote 2022”**

**Tesis para Obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil**

**Autoras:**

**Bach. Chacón Silva, Paola Cristina**

**Bach. Chávez Melo, Zarela Betty Darelys**

**Asesor:**

**Ms. Rivasplata Díaz, Julio Cesar**

**Nuevo Chimbote – Perú**

**2023**



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



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

Mediante la presente certifico mi asesoramiento de la Tesis titulada:

**“Optimización de la estructura de un pavimento flexible estabilizándolo  
con adición de escoria de hornos eléctricos- Nuevo Chimbote 2022”**

**Tesis para Obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil**

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Julio César Rivasplata Díaz', is written over a horizontal line.

**Ms. Julio César Rivasplata Díaz**

**DNI: 32770844**

**ORCID: 0000-0002-4180-9362**

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



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**“Optimización de la estructura de un pavimento flexible estabilizándolo  
con adición de escoria de hornos eléctricos- Nuevo Chimbote 2022”**

**Tesis para Obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil**

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado, el día 22 de febrero del 2023:

Ms. Felipe Villavicencio Gonzáles  
DNI: 26673663  
ORCID: 0000-0002-3500-2378  
**Presidente**

Ms. Jenisse Fernández Mantilla  
DNI: 33264434  
ORCID: 0000-0003-3336-4786  
**Secretaria**

Ms. Julio César Rivasplata Díaz  
DNI: 32770844  
ORCID: 0000-0002-4180-9362  
**Integrante**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS**

A los 22 días del mes de febrero del año dos mil veintitrés, siendo las 11:30 horas de la mañana, en el Aula C-1 de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 038-2023-UNS-CFI, con fecha 23.01.2023, integrado por los siguientes docentes: Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González (Presidente), Mg. Jenisse Del Rocío Fernández Mantilla (Secretaria), Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Integrante), y Dr. Atilio Rubén López Carranza (Accesitario), y en base a la Resolución Decanal N° 106-2023-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS – NUEVO CHIMBOTE 2022", presentado por las Bachilleres: CHACÓN SILVA PAOLA CRISTINA con cód. N° 0201613041 y CHÁVEZ MELO ZARELA BETTY DÁRELYS con cód. N° 0201613042, quienes fueron asesoradas por el docente Ms. Julio César Rivasplata Díaz, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 040-2022-UNS-FI, de fecha 03.02.2022.

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

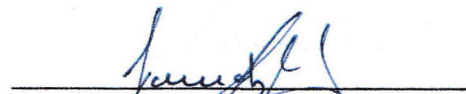
BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
CHACÓN SILVA PAOLA CRISTINA	18	BUENO

Siendo las 12.30 de la tarde del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 22 febrero de 2023.



Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González  
Presidente



Mg. Jenisse Del Rocío Fernández Mantilla  
Secretaria



Ms. Julio César Rivasplata Díaz  
Integrante



ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 22 días del mes de febrero del año dos mil veintitrés, siendo las 11:30 horas de la mañana, en el Aula C-1 de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 038-2023-UNS-CFI, con fecha 23.01.2023, integrado por los siguientes docentes: Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González (Presidente), Mg. Jenisse Del Rocío Fernández Mantilla (Secretaria), Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Integrante), y Dr. Atilio Rubén López Carranza (Accesitario), y en base a la Resolución Decanal N° 106-2023-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS – NUEVO CHIMBOTE 2022", presentado por las Bachilleres: CHACÓN SILVA PAOLA CRISTINA con cód. N° 0201613041 y CHÁVEZ MELO ZARELA BETTY DÁRELYS con cód. N° 0201613042, quienes fueron asesoradas por el docente Ms. Julio César Rivasplata Díaz, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 040-2022-UNS-FI, de fecha 03.02.2022.

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

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
CHÁVEZ MELO ZARELA BETTY DÁRELYS	18	BUENO

Siendo las 12.30 de la tarde del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 22 febrero de 2023.



Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González  
Presidente



Mg. Jenisse Del Rocío Fernández Mantilla  
Secretaria



Ms. Julio César Rivasplata Díaz  
Integrante

## DEDICATORIA

A Dios, el forjador de mi camino, el que me acompaña y siempre me levanta, al creador de mis padres y de las personas que más amo, con mi más sincero amor.

A mis padres: Juan Chacon Morales y Janeth Silva Alava, de quienes me siento inmensamente agradecida pues soy el fruto de su esfuerzo y quienes estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y consejo para ser mejor persona.

A mis amigos y todas las personas que en algún momento me brindaron el aliento necesario para no rendirme ante las adversidades.

**Paola Chacón Silva.**

## DEDICATORIA

A mis padres, Martín Chávez y Mirian Melo, quienes en todo momento me han brindado lo mejor de ellos de manera incondicional.

Por ser ejemplo de superación y trabajo, de quienes me enorgullezco grandemente.

A mis sobrinos, Sebastián y Chloe, por llegar a mi vida a regalarme momentos inolvidables.

A Arturo, por su apoyo, por sus palabras de motivación, y por compartir conmigo el anhelo de la realización de este trabajo.

**Zarela Chávez Melo.**

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por ser nuestro guía y permitirnos dar un paso más en nuestra vida profesional.

A nuestros padres, quienes nos han brindado su confianza y apoyo incondicional durante toda esta etapa académica.

A nuestro asesor, el Ing. Julio Cesar Rivasplata Díaz, por su orientación y constante apoyo durante todo el proceso de elaboración de nuestra Tesis.

**Las autoras.**

## Índice General

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xviii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xix</b>
<b>CAPÍTULO I: Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Antecedentes del problema .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Formulación del problema.....</b>	<b>5</b>
1.2.1. Problema general .....	5
1.2.2. Problemas Específicos .....	6
<b>1.3. Objetivos.....</b>	<b>6</b>
1.3.1. Objetivo general.....	6
1.3.2. Objetivos específicos .....	6
<b>1.4. Justificación.....</b>	<b>7</b>
<b>1.5. Limitaciones del trabajo .....</b>	<b>8</b>
<b>1.6. Hipótesis de la investigación .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO II: Marco Teórico.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1. Antecedentes de la investigación .....</b>	<b>10</b>
2.1.1. Internacionales .....	10
2.1.2. Nacionales.....	11



<b>2.2. Bases teóricas .....</b>	<b>13</b>
2.2.1. Pavimentos .....	13
2.2.1.1. Estructura de un Pavimento Flexible.....	13
2.2.1.1.1. Subbase .....	14
2.2.1.1.2. Base.....	15
2.2.1.1.3. Capa de rodadura .....	15
2.2.2. Canteras.....	15
2.2.2.1. Definición .....	15
2.2.2.2. Clasificación .....	16
2.2.2.2.1. Canteras a cielo abierto .....	16
2.2.2.2.2. Canteras subterráneas.....	16
2.2.2.2.3. Canteras aluviales .....	16
2.2.3. Agregados .....	16
2.2.3.1. Definición .....	16
2.2.3.2. Clasificación .....	17
2.2.3.2.1. Por su gradación.....	17
2.2.3.2.2. Por su procedencia .....	17
2.2.3.2.3. Por su densidad .....	18
2.2.3.3. Especificaciones granulométricas: Subbases y Bases Granulares.....	18
2.2.3.4. Calidad de los agregados .....	20
2.2.3.5. Ensayos que determinan las propiedades de los agregados.....	22

2.2.3.5.1. Granulometría .....	22
2.2.3.5.2. Contenido de humedad .....	22
2.2.3.5.3. Límite líquido y límite plástico.....	23
2.2.3.5.4. Equivalente de arena .....	24
2.2.3.5.5. Abrasión los Ángeles .....	25
2.2.3.5.6. Partículas fracturadas .....	25
2.2.3.5.7. Sales solubles .....	25
2.2.3.5.8. Partículas chatas y alargadas.....	26
2.2.3.5.9. Compactación de Suelos- Proctor Modificado .....	26
2.2.3.5.10. CBR de suelos .....	26
2.2.4. Clasificación de suelos.....	27
2.2.4.1. Clasificación AASHTO M-145 .....	27
2.2.4.2. Clasificación SUCS .....	30
2.2.5. Escorias de horno eléctrico .....	30
2.2.5.1. Definición .....	30
2.2.5.2. Tipos de escoria .....	31
2.2.5.3. Escoria negra .....	33
2.2.5.4. Obtención de la escoria de horno eléctrico en SiderPerú .....	33
2.2.5.5. Características de las escorias de horno eléctrico.....	35
2.2.5.5.1. Características físicas.....	35
2.2.5.5.2. Características químicas.....	35

2.2.5.6. Ventajas y desventajas de la escoria en pavimentos urbanos .....	37
2.2.6. Estabilización de suelos .....	38
2.2.6.1. Definición .....	38
2.2.6.2. Criterios geotécnicos para establecer la estabilización de suelos.....	39
2.2.6.3. Tipos de estabilización .....	40
2.2.6.3.1. Estabilización mecánica.....	41
2.2.6.3.2. Estabilización química .....	41
2.2.6.4. Método granulométrico o de mezclas.....	41
2.2.6.4.1. Estabilización granulométrica con escoria.....	42
2.2.6.5. Bases y Subbases tratadas.....	43
2.2.7. Método gráfico de optimización de granulometrías .....	44
2.2.8. Metodología de diseño de un pavimento flexible .....	46
2.2.8.1. Método Guía AASHTO 93 de diseño.....	46
2.2.8.1.1. Periodo de diseño.....	47
2.2.8.1.2. Variables de diseño .....	47
<b>2.3. Definición de términos.....</b>	<b>56</b>
2.3.1. Agente estabilizador.....	56
2.3.2. Propiedades físicas.....	56
2.3.3. Propiedades mecánicas .....	56
2.3.4. Escoria negra.....	56
2.3.5. Tráfico.....	56

2.3.6. Pavimentos urbanos .....	56
<b>2.4. Marco normativo .....</b>	<b>57</b>
2.4.1. Manual de Ensayos de Materiales- Ministerio de Transportes y Comunicaciones .....	57
2.4.2. N.T.E. CE. 010 Pavimentos Urbanos- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.....	57
2.4.3. Manual de carreteras – Especificaciones técnicas generales para la construcción- Ministerio de Transportes y Comunicaciones.....	58
2.4.4. Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos- Ministerio de Transportes y Comunicaciones .....	58
<b>CAPÍTULO III: Materiales y métodos .....</b>	<b>59</b>
<b>3.1. Tipo de investigación .....</b>	<b>60</b>
<b>3.2. Nivel de investigación .....</b>	<b>60</b>
<b>3.3. Unidad de análisis .....</b>	<b>61</b>
<b>3.4. Ubicación .....</b>	<b>61</b>
<b>3.5. Población y muestra .....</b>	<b>61</b>
3.5.1. Población.....	61
3.5.2. Muestra .....	61
<b>3.6. Variables.....</b>	<b>62</b>
3.6.1. Variable independiente .....	62
3.6.2. Variable dependiente .....	62
3.6.3. Matriz de consistencia.....	63

3.6.4. Operacionalización de variables .....	64
<b>3.7. Instrumentos .....</b>	<b>65</b>
<b>3.8. Procedimientos.....</b>	<b>66</b>
3.8.1. Determinar las propiedades físicas y mecánicas del material de base y subbase.....	66
3.8.1.1. Determinación del contenido de humedad (MTC E 108).....	66
3.8.1.2. Análisis granulométrico de suelos por tamizado (MTC E 204).....	67
3.8.1.3. Determinación del límite líquido de suelos (MTC E 110): .....	68
3.8.1.4. Determinación del límite Plástico e Índice de Plasticidad (MTC E 111):...	69
3.8.1.5. Abrasión los ángeles (MTC E 207 / ASTM C- 535):.....	70
3.8.1.6. Ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos (MTC E 114):.....	71
3.8.1.7. Compactación de suelos utilizando una energía modificada - Proctor modificado (MTC E 115 / ASTM D-1557):.....	72
3.8.1.8. CBR de suelos - laboratorio (MTC E 132 / ASTM D-1883): .....	74
3.8.1.9. Ensayo estándar para la determinación del porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso (MTC E 210 / ASTM D- 5821): .....	76
3.8.1.10. Partículas chatas y alargadas en agregados (MTC E 223 ASTM D-4791).....	77
3.8.1.11. Sales solubles en agregados (MTC E 219 / ASTM D 1888):.....	78
3.8.2. Caracterizar la escoria de hornos eléctricos, proveniente de la siderurgia SIDERPERÚ.....	79

3.8.3.	Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la combinación de material granular de cantera con escoria, obtenida mediante el “Método gráfico para optimizar granulometrías”.....	80
3.8.4.	Realizar el diseño de un pavimento flexible, en la H.U.P. Bello Sur en Nuevo Chimbote, sin adición y con adición de escoria siderúrgica para la optimización de su estructura.....	82
<b>CAPÍTULO IV: Resultados y discusión.....</b>		<b>84</b>
<b>4.1.</b>	<b>Análisis e interpretación de resultados .....</b>	<b>85</b>
4.1.1.	Determinar las propiedades físicas y mecánicas del material de base y subbase.....	85
4.1.1.1.	Contenido de humedad .....	85
4.1.1.2.	Características granulométricas y plásticas .....	85
4.1.1.3.	Clasificación del material granular de las canteras .....	87
4.1.1.4.	Resistencia a la degradación de los agregados (Abrasión los Ángeles) .....	88
4.1.1.5.	Ensayo de equivalente de arena.....	88
4.1.1.6.	Proctor modificado .....	89
4.1.1.7.	CBR de suelos (Laboratorio).....	89
4.1.1.8.	Partículas fracturadas en el agregado grueso.....	90
4.1.1.9.	Partículas chatas y alargadas en agregados .....	90
4.1.1.10.	Sales Solubles en los Agregados .....	90
4.1.2.	Caracterizar la escoria de hornos eléctricos, proveniente de SIDERPERÚ. ...	91
4.1.2.1.	Características granulométricas y plásticas .....	91

4.1.2.2. Características químicas .....	92
4.1.3. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la combinación de material granular de cantera con escoria, obtenida mediante el “Método gráfico para optimizar granulometrías” .....	94
4.1.3.1. Combinación de Material Granular de Cantera y EHAE .....	94
4.1.3.2. Propiedades físicas y mecánicas de la combinación de material granular de cantera con EHAE .....	95
4.1.3.2.1. Características granulométricas y plásticas.....	95
4.1.3.3. Clasificación del Material Granular de las Combinaciones .....	97
4.1.3.4. Resistencia a la degradación de los agregados (Abrasión los Ángeles) .....	97
4.1.3.5. Ensayo de equivalente de arena.....	98
4.1.3.6. Proctor modificado .....	99
4.1.3.7. CBR de suelos (Laboratorio).....	99
4.1.3.8. Partículas fracturadas en el agregado grueso.....	100
4.1.3.9. Partículas chatas y alargadas en agregados .....	101
4.1.3.10. Contenido de Sales solubles .....	101
4.1.4. Realizar el diseño de un pavimento, en la H.U.P. Bello Sur en Nuevo Chimbote, sin adición y con adición de escoria siderúrgica para apreciar la optimización de su estructura.....	104
4.1.4.1. Diseño de pavimento flexible sin adición de EHAE .....	104
4.1.4.1.1. Determinación de los parámetros de diseño .....	104
4.1.4.1.2. Determinación de los Características de los Materiales .....	104

4.1.4.1.3. Determinación de los Espesores de las Capas del Pavimento .....	105
4.1.4.2. Diseño de pavimento flexible con adición de EHAE .....	106
4.1.4.2.1. Determinación de los parámetros de diseño .....	106
4.1.4.2.2. Determinación de los Características de los Materiales .....	106
4.1.4.2.3. Determinación de los Espesores de las Capas del Pavimento .....	107
<b>4.2. Contratación de la Hipótesis .....</b>	<b>112</b>
4.2.1. Combinación Cantera San Pedrito + EHAE .....	112
4.2.2. Combinación Cantera Cambio Puente + EHAE .....	114
<b>4.3. Discusión.....</b>	<b>116</b>
<b>CAPÍTULO V: Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>119</b>
5.1. Conclusiones.....	120
5.2. Recomendaciones.....	123
<b>CAPÍTULO VI: Referencias Bibliográficas y Virtuales .....</b>	<b>124</b>
<b>CAPÍTULO VII: Anexos .....</b>	<b>129</b>



## Índice de Tablas

Tabla 1	Requerimientos Granulométricos para Subbase Granular.....	19
Tabla 2	Requerimientos Granulométricos para Base Granular .....	19
Tabla 3	Requerimientos Técnicos para Materiales empleados en Construcción de Carreteras .....	21
Tabla 4	Clasificación de los suelos según el tamaño de sus partículas .....	22
Tabla 5	Clasificación de los suelos según el Índice de Plasticidad .....	24
Tabla 6	Clasificación de los suelos según el Equivalente de Arena .....	24
Tabla 7	Correlación de tipos de suelos AASHTO - SUCS.....	27
Tabla 8	Clasificación de Suelos- Método AASHTO.....	29
Tabla 9	Características físicas de la escoria de horno eléctrico.....	35
Tabla 10	Análisis químico de la escoria de horno eléctrico de SiderPerú.....	35
Tabla 11	Niveles de confiabilidad en una sola etapa de diseño según rango de tráfico .....	48
Tabla 12	Valores de Zr en función de la confiabilidad.....	49
Tabla 13	Calificación según el índice de serviciabilidad presente .....	50
Tabla 14	Calidad del drenaje .....	55
Tabla 15	Valores de mi recomendado para los coeficientes de capa modificados en pavimentos flexibles .....	55
Tabla 16	Matriz de Consistencia .....	63
Tabla 17	Operacionalización de variables .....	64
Tabla 18	Contenido de humedad de las canteras .....	85

Tabla 19 Características plásticas de las canteras.....	87
Tabla 20 Clasificación de material granular de las canteras.....	87
Tabla 21 Resistencia a la Abrasión de los Agregados de las Canteras.....	88
Tabla 22 Equivalente de Arena de las Canteras.....	88
Tabla 23 Proctor Modificado de las Canteras.....	89
Tabla 24 CBR de las Canteras .....	89
Tabla 25 Partículas fracturadas de las Canteras.....	90
Tabla 26 Partículas Chatas y Alargadas de las Canteras .....	90
Tabla 27 Contenido de Sales Solubles de las Canteras .....	91
Tabla 28 Características plásticas de la escoria de horno eléctrico .....	92
Tabla 29 Análisis químico de la escoria de horno eléctrico de SiderPerú.....	92
Tabla 30 Combinación Óptima del Material de Cantera + EHAE .....	94
Tabla 31 Características Plásticas de las Combinaciones de Cantera + EHAE.....	96
Tabla 32 Clasificación de las Combinaciones de Material de Cantera + EHAE.....	97
Tabla 33 Resistencia a la Abrasión de los Agregados de las Combinaciones de las Canteras + EHAE.....	97
Tabla 34 Equivalente de Arena de las Combinaciones de Cantera + EHAE .....	98
Tabla 35 Proctor Modificado de las Combinaciones de Cantera + EHAE.....	99
Tabla 36 CBR de las Combinaciones de Cantera + EHAE .....	100
Tabla 37 Caras Fracturadas de las Combinaciones de Cantera + EHAE .....	100
Tabla 38 Partículas Chatas y Alargadas de las Combinaciones de Cantera + EHAE .....	101

Tabla 39 Contenido de Sales Solubles de las Combinaciones de Cantera + EHAE .....	101
Tabla 39 Resultados de los Ensayos de los Agregados de las Canteras y de las Combinaciones.....	103
Tabla 41 Parámetros de Diseño del Pavimento Flexible .....	104
Tabla 42 Características de los Materiales del Pavimento sin adición de EHAE.....	105
Tabla 43 Características de los Materiales del Pavimento con adición de EHAE .....	107
Tabla 44 Contrastación de Hipótesis de la Cantera San Pedrito + EHAE.....	112
Tabla 45 Contrastación de Hipótesis de la Cantera Cambio Puente + EHAE.....	114

## Índice de Figuras

Figura 1 Estructura de un pavimento flexible.....	14
Figura 2 Clasificación de las escorias.....	32
Figura 3 Escoria de horno de arco eléctrico .....	32
Figura 4 Optimización de las Granulometrías .....	45
Figura 5 Carta para la estimación del coeficiente estructural de capa de concreto asfáltico de gradación densa basado en el módulo elástico .....	52
Figura 6 Variación en el coeficiente estructura de capa base (a2) con diferentes parámetros de resistencia.....	53
Figura 7 Variación en el coeficiente estructura de capa sub base (a3) con diferentes parámetros de subbase .....	54
Figura 8 Ábaco de optimización de granulometrías de Cantera San Pedrito con Escoria (EHAE) .....	80
Figura 9 Ábaco de optimización de granulometrías de Cantera Cambio Puente con Escoria (EHAE) .....	81
Figura 10 Curva granulométrica de la Cantera San Pedrito .....	85
Figura 11 Curva granulométrica de la Cantera Cambio Puente .....	86
Figura 12 Curva granulométrica de la escoria (EHAE).....	91
Figura 13 Curva granulométrica de la Cantera San Pedrito + EHAE .....	95
Figura 14 Curva granulométrica de la Cantera Cambio Puente + EHAE .....	96
Figura 15 Estructura del Pavimento con Cantera San Pedrito.....	105
Figura 16 Estructura del Pavimento con Cantera Cambio Puente.....	106

Figura 17 Estructura del Pavimento con Cantera San Pedrito + EHAE .....	108
Figura 18 Estructura del Pavimento con Cantera San Pedrito + EHAE .....	108
Figura 19 Estructura del Pavimento con Cantera San Pedrito + EHAE .....	108
Figura 20 Estructura del Pavimento con Cantera San Pedrito + EHAE .....	108
Figura 21 Estructura del Pavimento con Cantera San Pedrito + EHAE .....	109
Figura 22 Estructura del Pavimento con Cantera San Pedrito + EHAE .....	109
Figura 23 Estructura del Pavimento con Cantera Cambio Puente + EHAE .....	110
Figura 24 Estructura del Pavimento con Cantera Cambio Puente + EHAE .....	110
Figura 25 Estructura del Pavimento con Cantera Cambio Puente + EHAE .....	110
Figura 26 Estructura del Pavimento con Cantera Cambio Puente + EHAE .....	110
Figura 27 Estructura del Pavimento con Cantera Cambio Puente + EHAE .....	111
Figura 28 Estructura del Pavimento con Cantera Cambio Puente + EHAE .....	111
Figura 29 Distribución T de Student para Cantera San Pedrito + EHAE .....	114
Figura 30 Distribución T de Student para Cantera Cambio Puente + EHAE .....	115

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación consistió en emplear la escoria de horno de arco eléctrico (EHAE), proveniente de la Empresa Siderúrgica SIDERPERÚ, como material estabilizante en las capas de base y subbase de un pavimento flexible en la ciudad de Nuevo Chimbote, tomando como muestra el material granular de la Cantera San Pedrito y Cantera Cambio Puente.

Se realizó una investigación del tipo Aplicada- Experimental, por lo que, para el cumplimiento de los objetivos de la presente, se evaluó el material granular, la EHAE y la combinación de estas de acuerdo a la NTP y el MTC, mediante ensayos de laboratorio y la realización del diseño del pavimento flexible mediante el Método AASHTO- 1993.

Al combinar el material de Cantera San Pedrito (80%) con EHAE (20%) y el material de la Cantera Cambio Puente (75%) con EHAE (25%) se obtuvieron mejores resultados que el material que presentan las canteras de manera individual, principalmente presentando una mejora en cuanto al CBR al 100% de la MDS del 13.53% y de 23.82% respectivamente.

Finalmente se realizaron los diseños de los pavimentos sin adición y con adición de EHAE. Para la Cantera San Pedrito, el espesor del pavimento disminuyó de 10 pulg hasta 9 pulg cuando se le adicionó la EHAE, mientras que, el espesor del pavimento empleando material de la Cantera Cambio Puente, disminuyó de 11 pulg hasta 10 pulg con la adición de EHAE.

**PALABRAS CLAVES:** Optimización, Pavimento Flexible, Escoria de Hornos de Arco Eléctrico (EHAE).

## ABSTRACT

The present research work consisted of using electric arc furnace slag (EHAE), from the SIDERPERÚ Steel Company, as a stabilizing material in the base and subbase layers of a flexible pavement in the city of Nuevo Chimbote, taking as a sample granular material from the San Pedrito Quarry and Cambio Puente Quarry.

An investigation of the Applied-Experimental type was carried out, so that for the fulfillment of the objectives of the present, the granular material, the EHAE and the combination of these were evaluated according to the NTP and the MTC, through laboratory tests and the realization of the design of the flexible pavement by means of the AASHTO-1993 Method.

By combining the material from Cantera San Pedrito (80%) with EHAE (20%) and the material from Cantera Cambio Puente (75%) with EHAE (25%), better results were obtained than the material presented by the quarries individually, mainly presenting an improvement in terms of the CBR at 100% of the MDS of 13.53% and 23.82% respectively.

Finally, the designs of the pavements without addition and with addition of EHAE were made. For the San Pedrito Quarry, the thickness of the pavement decreased from 10 inches to 9 inches when the EHAE was added, while the thickness of the pavement using material from the Cambio Puente Quarry decreased from 11 inches to 10 inches with the addition of EHAE.

**KEY WORDS:** Optimization, Flexible Pavement, Electric Arc Furnace Slag (EHAE).



# **CAPÍTULO I:** **Introducción**



## I. Capítulo I: Introducción

### 1.1. Antecedentes del problema

Uno de los principales elementos en la red de infraestructura vial urbana son los pavimentos, puesto que no solo sirven para el transporte, sino que también brindan un entorno social y físico, en el cual el ciudadano desarrolla sus actividades cotidianas, influyendo significativamente en su calidad de vida. Es primordial que la red vial se encuentre en estado óptimo para garantizar un adecuado crecimiento y desarrollo tanto a nivel económico, como social y medioambiental.

Actualmente, los costos de construcción de pavimentos urbanos son bastante elevados y de igual manera el mantenimiento de las existentes, debido al rápido deterioro que sufren a causa de diferentes factores, principalmente climatológicos (Métodos de Estabilización de Suelos, 2010).

Desde mediados del siglo XVIII, en Inglaterra surgió una primera propuesta por parte del ingeniero John Smeaton sobre mejoramiento vial empleando una sustancia alcalina. Siendo Inglaterra, un siglo más adelante, pionera en implementar leyes de pavimentación, con la creación del Comisionado de Pavimentación. Su tarea se remitía al cuidado y mejora de la red vial (Yepes, 2017).

En el Perú, el desarrollo de las redes viales y transportes es una necesidad nacional para romper el aislamiento de los pueblos, los cuales tienen dificultades para superar los obstáculos naturales y para mejorar su accesibilidad entre ellos. El Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial (2018) refiere que: “La integración de los pueblos es una necesidad y una meta nacional desde el punto de vista social, económico y geopolítico; y como medio de transporte a las vías urbanas les toca cubrir ese anhelo de los pueblos que es una de las infraestructuras requeridas y de las más costosas entre las

muchas necesidades que tiene el país” (p.1). Lo paradójico es cuando luego de lograda la construcción o mejora, con gran financiamiento, esta se deteriora rápidamente; y resulta más costosa para el país cuando pierde el patrimonio por la falta de las actividades de conservación.

Por otro lado, el apogeo de la construcción de grandes obras de ingeniería, ha impulsado la demanda de acero, lo cual ha generado un aumento en la producción de residuos siderúrgicos, una situación que ocasiona problemas ambientales debido a la acumulación y mala disposición de estos subproductos (López, Ochoa & Grimaldo, 2018). La tendencia creciente del sector construcción demanda explotación de grandes cantidades de materiales para cubrir las necesidades sin medir el impacto ambiental que causan estas actividades, el reaprovechamiento de la escoria de horno eléctrico como agregado, representa una alternativa para frenar el deterioro provocado por la actividad minera e impulsar el mercado de residuos. (Parra & Sánchez, 2010).

Desde 1978, la Comunidad Europea del Carbón y del Acero (CECA) cuenta con un Comité de Estudio dirigido a impulsar la reutilización de las escorias siderúrgicas. “Este organismo gestiona importantes cantidades de recursos públicos en ayudas y subvenciones a la investigación, canalizados especialmente a través de las Universidades y de los Centros de Investigación, para el desarrollo de métodos de reciclado y reutilización de las escorias” (Ortega, 2011, p.2). Esto supone aportar soluciones a un problema que involucra nuestro desarrollo social y el futuro de nuestra civilización.

En algunos países, las tasas son lo más cercanas al 100% de reutilización de la escoria, especialmente como agregados en hormigón y en la construcción de pavimentos urbanos. Según EUROSLAG, la principal aplicación de las escorias siderúrgicas en Europa, para el año 2012, se dio en el sector de la construcción vial empleando 10.62 millones de

toneladas de estos residuos siderúrgicos, alcanzando un 43% del total de su uso ante otros sectores (Skaf et al., 2016).

Países como Brasil, Estados Unidos, Canadá, España y Japón ya utilizan la Escoria de Horno de Arco Eléctrico (EHAE) como material sustituto del agregado natural en capas granulares como bases y subbases, debido al buen comportamiento mecánico que aporta la escoria a la estructura del pavimento. En el caso de Alemania, aproximadamente el 97% de las escorias de acero producidas se han empleado como agregado para la construcción de carreteras. (Rojas et. al, 2021)

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013) afirma que:

Hoy en día las escorias de acería o de otros hornos de fundición se emplean en muchas partes del mundo, como material de base y sub base en los pavimentos. Al emplearse este subproducto en construcción de infraestructura vial se evita explotar nuevas canteras, manteniendo el paisaje de la zona; como no requiere procesar los agregados se reduce el consumo de energía y combustibles, y se reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente (p.119).

En el Perú, tenemos la valoración de las escorias metalúrgicas como recursos industriales donde se concluye que la legislación ambiental no contempla la valoración, recuperación, reutilización y reciclaje de las escorias y residuos metalúrgicos como contribución a la descontaminación del ambiente y que mediante investigaciones científicas se puede lograr la conservación de las simples escorias metalúrgicas a insumos industriales (Lovera, Arias & Coronado, 2004).

Zelada (2016) afirma que: “Con los recursos no renovables no se puede hacer una explotación sostenible, debido a que va a llegar un punto en el que el recurso se va a agotar independientemente de los esfuerzos que se realicen para evitarlo” (p.8). Siendo

importante mencionar, que una empresa siderúrgica, ubicada en Chimbote, como lo es SIDERPERU, aprovecha dentro de su predio la escoria de horno eléctrico para afirmado de vías, como balastro de vías férreas, material de relleno y en estructuras de concreto, lo cual nos lleva a considerar el reaprovechamiento de las escorias de hornos eléctricos en los pavimentos urbanos.

## **1.2. Formulación del problema**

### ***1.2.1. Problema general***

En la red vial nacional del Perú, existen una serie de razones por las cuales no se llega a cumplir con el período de diseño de los pavimentos, entre ellas: defectos en su construcción, deficiente diseño estructural, volumen mayor de tránsito, mal funcionamiento del drenaje, deficiencias en el mantenimiento del pavimento, etc. Esto genera que el pavimento falle y se presenten distintas anomalías empeorando el estado de la vía (Medina & De La Cruz, 2015).

En la ciudad de Nuevo Chimbote, el 80% de sus calles y/o vías de acceso, están conformadas por pavimentos flexibles, de los cuales se puede observar que un 60% de sus vías pavimentadas se encuentran con un alto grado de deterioro, lo que puede ser ocasionado por la calidad de los materiales empleados en su construcción. (Sánchez & Yataco, 2017)

Debido al impacto ambiental generado por la sobre explotación de canteras, para emplear estos materiales en la construcción de diferentes tipos de infraestructura; el sobre costo que genera el transporte de los materiales, y las canteras limitadas con las que contamos, es que se ha surgido la necesidad de generar otras opciones reemplazables que sean viables (Campos & Vega, 2019).

Es así que, buscando soluciones a los problemas ambientales derivados de la acumulación de residuos siderúrgicos, a la sobre explotación de las canteras y principalmente mejoras en la estructura de los pavimentos; se plantea la alternativa de emplear escoria de hornos eléctricos como material estabilizante de un pavimento flexible en la ciudad de Nuevo Chimbote. Por ello, nos planteamos la siguiente interrogante: **“¿En cuánto optimiza la estructura de un pavimento flexible la adición de escoria de hornos eléctricos en sus capas de base y subbase - Nuevo Chimbote 2022?”**

### ***1.2.2. Problemas Específicos***

- ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del material de base y subbase de un pavimento flexible, que se utilizan en Nuevo Chimbote?
- ¿Cuáles son las características de la escoria de hornos eléctricos, proveniente de la siderurgia SIDERPERÚ?
- ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del material obtenido de la mezcla de material granular de cantera y escoria?
- ¿Cuál será el diseño del pavimento, en la H.U.P. Bello Sur en Nuevo Chimbote, en el que se aprecie la optimización de su estructura?

## **1.3. Objetivos**

### ***1.3.1. Objetivo general***

- Optimizar la estructura de un pavimento flexible estabilizándolo con adición de escoria de hornos eléctricos en las capas base y subbase - Nuevo Chimbote 2022.

### ***1.3.2. Objetivos específicos***

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del material de base y subbase de un pavimento flexible, que se utilizan en Nuevo Chimbote.

- Caracterizar la escoria de hornos eléctricos, proveniente de la siderurgia SIDERPERÚ.
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la combinación de material granular de cantera con escoria, obtenida mediante el “Método gráfico para optimizar granulometrías”.
- Realizar el diseño de un pavimento flexible, en la H.U.P. Bello Sur en Nuevo Chimbote, sin adición y con adición de escoria siderúrgica para apreciar la optimización de su estructura.

#### **1.4. Justificación**

Debido al alto grado de deterioro de los pavimentos en la Ciudad de Nuevo Chimbote, la presente investigación busca una alternativa técnica para el diseño de un pavimento flexible, considerando características físicas y mecánicas mejoradas de las capas de base y subbase, realizando la adición de escoria de hornos eléctricos, lo cual conllevará a que se cumpla con el tiempo de vida útil de diseño, ya que cuando se emplea el material tradicional de cantera en pavimentos, generalmente este no cumple con lo requerido por las Normativas Nacionales, lo que genera daños en su estructura.

Por otro lado, la presente busca convertir un subproducto de la metalurgia, en un material reciclable, lo cual conlleva a reducir la contaminación del medio ambiente, puesto que este material ya no se encontraría expuesto a la intemperie por largos periodos de tiempo. Además, que aporta en la disminución de la explotación de canteras de material granular y por ende a reducir el impacto negativo en el medio ambiente que esto genera.

Presentará también beneficios a nivel económico, puesto que al adicionar escoria de hornos eléctricos a las capas de base y subbase de un pavimento flexible se requerirá

menor cantidad de material de cantera y el costo de la escoria es inferior a este, lo cual ocasionará una disminución en el presupuesto del pavimento.

### **1.5. Limitaciones del trabajo**

Una de las limitaciones que se presentaron en el desarrollo de esta investigación fue el acceso a la Cantera Cambio Puente, ya que no es adecuado para el tránsito vehicular y no cuenta con la debida señalización para llegar hasta dicha cantera.

Otra de las limitaciones surgió debido a la demora en la obtención de la escoria de hornos eléctricos, puesto que se tuvo que esperar la respuesta de la empresa Siderúrgica SIDERPERÚ a nuestra solicitud de donación de este material.

### **1.6. Hipótesis de la investigación**

La adición de escoria de hornos eléctricos estabilizará y mejorará las propiedades físicas y mecánicas de las capas base y subbase de un pavimento flexible, lográndose optimizar su estructura.



# **CAPÍTULO II:** **Marco Teórico**



## II. Marco Teórico

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Internacionales

- a) Boza et.al (2018) en su investigación titulada: “Base de pavimentos con escoria negra de acería” desarrollada en Cuba, tuvo como objetivo evaluar la posibilidad de utilizar las escorias negras de la planta de aceros ACINOX, Las Tunas, para la conformación de bases de carreteras. La investigación realizada fue del tipo experimental, la cual consistió en el análisis de las características físicas y mecánicas de la escoria, así como de los materiales granulares usados tradicionalmente, mediante ensayos de laboratorio. A partir de los resultados, los autores concluyeron que las escorias de ACINOX- Las Tunas cumplen con los requerimientos necesarios establecidos por la norma, ya que principalmente presentan granulometría uniforme y partículas libres de arcillas, para que puedan ser empleadas como árido grueso en la capa de base de carreteras, manifestándose que las mayores diferencias se encuentran en el Ensayo de Abrasión de los Ángeles, ya que la resistencia al desgaste de la escoria es superior en un 39% a la del árido convencional, teniendo la muestra patrón una abrasión del 20,46% mientras que la escoria negra un 12,68%, lo cual indica un excelente comportamiento ante cargas abrasivas y la poca gradación de sus propiedades. Como último punto, los autores recomiendan verificar que la escoria esté debidamente envejecida y que se tenga cuidado de no contaminarla con arcillas u otras materias extrañas.
- b) Pardo & Pérez (2019) en su investigación final de grado titulada “Evaluación de la Escoria de Acería proveniente de Acerías Paz del Río S.A. como Material para Optimizar las Propiedades de una Subbase Granular (SBG) Tipo Invías” desarrollada en la ciudad de Bogotá - Colombia, tuvo como objetivo principal determinar las

propiedades físicas y mecánicas del material pétreo y de la escoria de acería de manera independiente, mientras que de la combinación de estos materiales determinaron su granulometría y capacidad portante. La metodología empleada fue cuantitativa, tipo experimental. En el desarrollo de la problemática, mencionaron que, pese a contar con variedad de agregados granulares en el país donde se desarrolló la investigación, la calidad de estos no siempre cumplen con los requerimientos establecidos por la norma INVIAS, provocando deterioro de las vías antes de cumplir con el tiempo de vida útil estimado. Luego de realizar los ensayos de laboratorio, concluyeron que la resistencia al desgaste de los agregados del material de cantera presenta un 30%, mientras que la escoria presenta el 34%. Por otro lado, el material de cantera presentó un CBR al 95% de la MDS de 49% y de la combinación 90% subbase- 10% escoria CBR al 95% de la MDS con una penetración de 0.2” de 51%. Finalmente, los autores recomiendan realizar los ensayos mínimos que solicita la norma para el afirmado, debido a que los resultados varían de acuerdo a las características de cada material.

### 2.1.2. *Nacionales*

- c) Torres & Yacila (2022) en su tesis titulada “Diseño de Mezclas de Material Granular de Tres Canteras para Optimizar sus Propiedades en Pavimentos, Nuevo Chimbote 2020” presentada en la Universidad Nacional del Santa, tuvieron como principal objetivo realizar el diseño de mezcla de material granular de las Canteras “San Pedrito”, “Cambio Puente” y “La Sorpresa”, para optimizar sus propiedades como material de base y subbase en pavimentos. El diseño de esta investigación fue cuasiexperimental, ya que se realizaron ensayos de laboratorio al material de las canteras antes de determinar el diseño de mezcla óptimo. Mediante el ábaco de Optimización de Granulometrías los autores determinaron que al considerar el 47%

del material de la Cantera Cambio Puente, 47% de San Pedrito y 6% de La Sorpresa se obtiene un material de afirmado óptimo, para lo cual realizaron los ensayos pertinentes para verificar sus propiedades físicas, mecánicas y químicas. Principalmente se pueden mencionar los resultados de Resistencia al Desgaste del 14.68%, Equivalente de Arena del 60% y el valor de CBR al 100% de la MDS del 94%. Finalmente, los autores recomiendan comparar los resultados de su investigación con otros métodos de combinación de materiales y otras canteras para contrastar los mismos.

- d)** Marquina (2018) en su tesis titulada “Uso de escorias obtenidas como sub producto de la elaboración de acero de la planta N° 2 de acero Arequipa – Pisco para fines de cimentación y pavimentación” tuvo como objetivo determinar el óptimo porcentaje de combinación entre las escorias de elaboración de acero y el polvo Baghouse para fines de cimentación y pavimentación, de manera de poder diseñar estructuras confiables y con el menor costo posible. Al determinar las características físicas de las escorias se llegó a la conclusión que es un excelente agregado para fines de base y subbase, ya que cumplió con la mayoría de los parámetros de las normas ASTM y del manual de diseño AASHTO para pavimentos, excepto los parámetros de porcentajes mínimos de finos, por lo cual se planteó como solución la incorporación de agregados finos (polvo de Baghouse) para proporcionarle liga a las escorias. Al analizar las escorias en su estado natural, obtuvieron un CBR de 80.56% y de las combinaciones con polvo de Baghouse en un 10%, 15% y 20%, se pudieron observar altos valores de CBR. El aumento de los porcentajes de CBR, alcanzaron valores de 259% de CBR calculado al 95% del OCH cuando se empleó 10% de polvo de Baghouse con 90% de escorias. Finalmente, en cuanto al diseño del pavimento, el autor consideró emplear para la subbase escoria en estado natural y para la capa base

trabajó con la combinación 10% de polvo de Baghouse con 90% de escorias, obteniendo un espesor de 16”, mientras que al realizar el diseño con 100% de escoria en base y subbase en lugar de material de cantera obtuvo un espesor de 17”.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Pavimentos**

Para Montejo (2002), un pavimento es una estructura estratificada conformada por capas superpuestas, relativamente horizontales, que se apoya íntegramente sobre un terreno debidamente preparado, llamado subrasante. Las capas del pavimento se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Esta estructura debe ser resistente ante los agentes de intemperismo y resistir correctamente los esfuerzos de carga generados por el tránsito durante un determinado periodo de vida útil para el cual fue diseñado el pavimento.

#### **2.2.1.1. Estructura de un Pavimento Flexible**

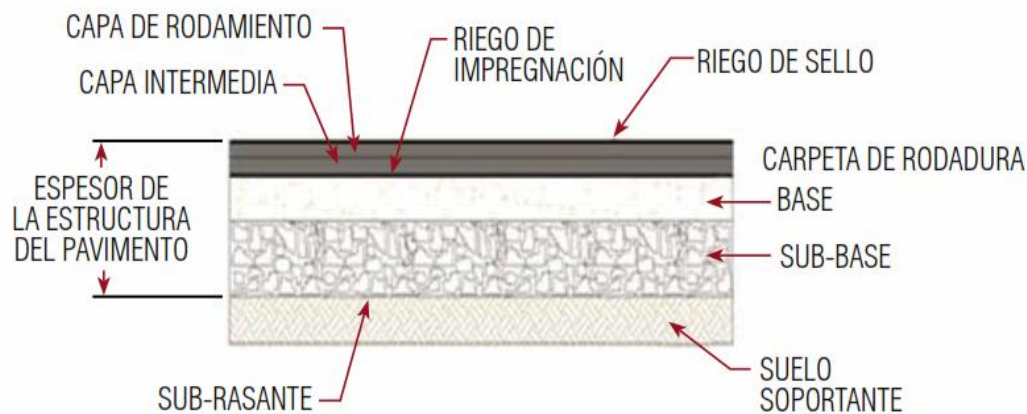
La estructura de un pavimento flexible está constituida por una capa de rodadura, conformada por materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y, en caso se requiera, aditivos; la cual se apoya generalmente sobre otras dos capas, usualmente de material granular, capa base y capa subbase. Esta estructura del pavimento descansa sobre suelo compactado, una capa llamada subrasante. (MTC, 2013, p. 24)

Las capas de un pavimento flexible, se colocan en orden descendente, de acuerdo a su capacidad de carga. La capa superior es la que mayor capacidad debe soportar de todas las que se disponen.

En la Figura 1 se muestra la distribución típica de las capas que conforman un pavimento flexible.

**Figura 1**

*Estructura de un pavimento flexible*



*Nota.* Reproducida de *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras* (p. 14), por MEF, 2015.

#### **2.2.1.1.1. Subbase**

Es una capa conformada por material especificado y con un determinado espesor, que depende del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, la cual soporta a la capa base y a la carpeta de rodadura. Además, sirve como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. La subbase puede ser de material granular con un CBR = 40% o tratada con asfalto, cal o cemento. (MTC, 2013, p. 24)

Esta capa, de acuerdo al diseño estructural del pavimento puede o no omitirse. Se ubica sobre la subrasante y los requerimientos de calidad de los agregados que la conforman son menos exigentes que los materiales de las otras capas, debido a que los esfuerzos verticales transmitidos a través de las capas de pavimentos son mayores en la superficie y disminuyen a medida que se profundizan. (Minaya & Ordoñez, 2006)

#### **2.2.1.1.2. Base**

Es la capa que se ubica bajo la capa de rodadura, la cual tiene la función de distribuir y transmitir los esfuerzos provenientes del tránsito a la subbase (si existiera) y subrasante, y servir de apoyo a la capa de rodadura. La capa base será de material granular drenante, con un CBR  $\geq 80\%$ , o tratada con asfalto, cal o cemento. (MTC, 2013)

Al mismo tiempo (AASHTO, 1993), indica que esta capa está conformada por agregados como: piedra chancada, escoria chancada o grava chancada y arena. Estos materiales pueden ser tratados o con aditivos convenientes, tales como: el cemento portland, asfalto, cal, cenizas. Los requerimientos técnicos para estos materiales deben ser más estrictos que los requeridos para subbase.

#### **2.2.1.1.3. Capa de rodadura**

Es la capa de material bituminoso que se ubica en la parte superior de la estructura del pavimento. Tiene tres funciones fundamentales: funcionar como una superficie de rodamiento uniforme, impermeabilizar la estructura para evitar así la percolación del agua al interior futuramente y ser resistente ante los esfuerzos producidos por las cargas originadas por el tránsito. (Chavez, 2018)

### **2.2.2. Canteras**

#### **2.2.2.1. Definición**

Para Romero (2018) una cantera es un punto geográfico, generalmente a cielo abierto, de donde se extraen minerales o agregados pétreos que son empleados en la construcción de algunas edificaciones u obras del mismo fin. Cada agregado de cantera tiene diferentes procesos de extracción. Estas canteras, tienen cierto límite

y una vez superado este se abandona el lugar y se busca otra zona de explotación, acción que genera gran impacto sobre el paisaje.

#### **2.2.2.2. Clasificación**

Romero (2018) clasifica a las canteras en tres grupos:

##### **2.2.2.2.1. Canteras a cielo abierto**

Este tipo de cantera es la más común, de las que se extraen minerales o agregados. Este proceso, se inicia con retirar la capa superior que por lo general no tiene valor para la cantera, para luego clasificar el material de acuerdo a lo que se quiere obtener de la extracción, todo esto se desarrolla con exposición al medio ambiente.

##### **2.2.2.2.2. Canteras subterráneas**

Esta forma de extracción es mayormente utilizada para la explotación de minerales preciosos o petróleo, se da en cuevas o cavernas artificiales.

##### **2.2.2.2.3. Canteras aluviales**

Estas canteras son originadas por la erosión provocada por los ríos que sirven como agentes naturales, mediante la energía cinética que presentan conducen largos tramos a las rocas, colocándolas en partes con menor capacidad de potencia, llegando a generarse depósitos de distintos materiales las cuales pueden ser grava, arena, limos, arcillas y cantos rodados.

#### **2.2.3. Agregados**

##### **2.2.3.1. Definición**

Romero (2018) manifiesta que los agregados, están conformados por materiales geológicos como, piedra, arena y grava, estos pueden emplearse en obras de

concreto, de canales, pavimentación, etc. Los agregados podrían aprovecharse en su estado natural o alterarse mediante la trituración, resultando fragmentos más pequeños.

Estos materiales granulares o agregados empleados en construcción, son generalmente fragmentos de rocas producidos por acciones erosivas. Su tamaño y forma depende de la calidad de la roca madre de donde se originaron, del grado de meteorización y del desgaste que haya sufrido durante el transporte.

#### **2.2.3.2. Clasificación**

Para Romero (2018) los agregados se clasifican de la siguiente manera:

##### **2.2.3.2.1. Por su gradación**

- **Agregado fino**

Los agregados finos son, la arenas o piedras naturales finamente trituradas a tamaños reducidos y que pasan el tamiz 9.5 mm (3/8”) y que satisfacen los requerimientos establecidos en la Norma Técnica Peruana N.T.P. 400.037.

- **Agregado grueso**

El agregado grueso es aquel material retenido en el tamiz 4.75 mm (N°4), el cual proviene del fraccionamiento o descomposición natural o mecánica de las rocas y que cumplen con los requerimientos de la N.T.P. 400.037.

##### **2.2.3.2.2. Por su procedencia**

- **Agregados naturales**

Estos agregados son aquellos que se formaron a causa de los procesos geológicos naturales ocurridos hace miles de años en el mundo, los cuales



requieren ser extraídos, seleccionados y procesados para lograr optimizar su utilización en la producción de concreto u otras obras civiles.

- **Agregados artificiales**

Son aquellos agregados procedentes de un proceso de transformación de los materiales en su estado natural y al combinarle un producto adicional, se adaptan para utilizarse en diferentes obras civiles mediante un tratamiento previamente.

#### **2.2.3.2.3. *Por su densidad***

Se entiende a densidad como la gravedad específica, es decir la relación entre el peso y el volumen de sólidos referido a la densidad del agua, se pueden clasificar en normales con  $G_e = 2.5$  a  $2.75$ , ligeros con  $G_e < 2.5$  y pesados con  $G_e > 2.75$ .

#### **2.2.3.3. Especificaciones granulométricas: Subbases y Bases Granulares**

“Los agregados empleados en la construcción de pavimentos urbanos, deben cumplir con requisitos de granulometría y especificaciones técnicas, que garanticen un buen comportamiento durante su periodo de vida.” (Minaya & Ordoñez, 2006)

Las especificaciones técnicas para rangos granulométricos de materiales de subbase y base en pavimentos, son precisadas por El Ministerio de Transportes y Comunicaciones considerando la norma ASTM D 1241 dentro de su Manual de Carreteras- Especificaciones Técnicas Generales para Construcción emitidas en el año 2013. La tabla 1 y tabla 2 muestran las especificaciones granulométricas que deben cumplir los materiales de subbase y base granular respectivamente.

**Tabla 1**

*Requerimientos Granulométricos para Subbase Granular*

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	-	-
25 mm (1")	-	75-95	100	100
9.5 mm (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4.75 mm (Nº4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2.0 mm (Nº10)	15-40	20-45	25-50	40-70
4.25 mm (Nº40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 mm (Nº 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

*Nota.* De *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG- 2013)*, por MTC, 2014, p. 171.

**Tabla 2**

*Requerimientos Granulométricos para Base Granular*

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	-	-
25 mm (1")	-	75-95	100	100
9.5 mm (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4.75 mm (Nº4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2.0 mm (Nº10)	15-40	20-45	25-50	40-70
4.25 mm (Nº40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 mm (Nº 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

*Nota.* De *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG- 2013)*, por MTC, 2014, p. 175.

#### **2.2.3.4. Calidad de los agregados**

Para Minaya & Ordoñez (2006) los materiales que son empleados como material de afirmado o subbase pueden ser agregado natural, triturado o una combinación de ambos, mientras que los agregados para bases deben ser chancados. Todo agregado que sea empleado para afirmados, subbases y bases será resistente, sin exceso de partículas chatas o alargadas, y no podrán presentar terrones de arcilla ni materia orgánica.

Para verificar la calidad de un determinado banco de materiales, estos deben ser sometidos a ensayos de suelos, debiendo cumplir con las especificaciones técnicas establecidas en el Manual de Carreteras: EG- 2013. En la Tabla 3 se muestra los requerimientos para materiales de subbases y bases granulares.

**Tabla 3**

*Requerimientos Técnicos para Materiales empleados en Construcción de Carreteras*

Ensayo	Norma	Subbase granular		Base Granular			
		< 3000 msnm	≥ 3000 msnm	< 3000 msnm		≥ 3000 msnm	
				Agreg. grueso	Agreg. fino	Agreg. grueso	Agreg. fino
Límite líquido	MTC E 110	25% máx.	25% máx.				
Índice de plasticidad	MTC E 111	6% máx.	4% máx.			4% máx.	2% máx.
Abrasión los Ángeles	MTC E 207	50% máx.	50% máx.	40% máx.	40% máx.		
Equivalente de arena	MTC E 114	25% mín.	35% mín.			35% mín.	45% mín.
CBR al 100% de la MDS y 0.1” de penetración	MTC E 132	40% mín.	40% mín.	Tráfico en ejes equivalentes (<106): 80% mín			
				Tráfico en ejes equivalentes (≥106): 100% mín.			
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209				18% máx.	----	15%
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210			80% mín.	80% mín.		
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210			40% mín.	50% mín.		
Partículas chatas y alargadas, relación 1/3 (espesor/longitud)	D 4791	20% máx.	20% máx.	15% máx.	15% máx.		
Sales solubles totales	MTC E 219	1% máx.	1% máx.	0.5% máx.	0.5% máx.	0.5% máx.	0.5% máx.

*Nota.* Adaptado de *Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos*, por S. Minaya & A. Ordoñez, 2006, p. 5.

### 2.2.3.5. Ensayos que determinan las propiedades de los agregados

Los procedimientos de los ensayos considerados a continuación están descritos de manera detallada la Norma ASTM, los cuales fueron adaptados por el Manual de Ensayo de Materiales- 2016 del MTC.

#### 2.2.3.5.1. Granulometría

De acuerdo al Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC (2013) la granulometría representa la distribución de los tamaños del agregado mediante el tamizado (Ensayo MTC E 204). El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar los porcentajes de sus diferentes elementos que lo componen, clasificados en base a su tamaño. De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos:

**Tabla 4**

*Clasificación de los suelos según el tamaño de sus partículas*

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

*Nota.* De Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, por MTC, 2013, p.36.

#### 2.2.3.5.2. Contenido de humedad

El MTC (2016) señala que, la humedad de un suelo se expresa como porcentaje del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las

partículas sólidas. Al realizar este ensayo se busca eliminar el agua de un suelo mediante el secado de este hasta un peso constante, empleando un horno. El peso del suelo que permanece luego del secado en horno es considerado el peso de las partículas sólidas. Por ello, la pérdida de peso debido al secado es considerado como el peso del agua. El procedimiento para este ensayo se encuentra en el MTC E 108.

#### **2.2.3.5.3. Límite líquido y límite plástico**

El MTC (2016) define al Límite Líquido (LL) como el contenido de humedad de un suelo, el cual se encuentra en el límite entre los estados líquido y plástico, se expresa en porcentaje. Los pasos para la realización de este ensayo se encuentran en el MTC E 110.

Mientras que al Límite Plástico (LP) lo define como “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”.

Según el MTC (2014) además del LL y del LP, podemos hallar otra característica del suelo, el Índice de Plasticidad (IP), que viene dado por la diferencia entre LL y LP:  $IP = LL - LP$ . Por ello, el suelo en relación a su índice de plasticidad puede clasificarse según la Tabla 5. (p. 37)

**Tabla 5**

*Clasificación de los suelos según el Índice de Plasticidad*

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP>20	Alta	Suelos muy arcillosos
IP≤ 20 IP> 7	Media	Suelos arcillosos
IP<7	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
IP=0	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

*Nota. De Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, por MTC, 2013, p.37.*

#### 2.2.3.5.4. *Equivalente de arena*

Para el MTC (2013) el valor equivalente de arena está dada por la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo o material arcilloso en suelos o agregados finos (Ensayo MTC E 114). Este ensayo da resultados similares a los obtenidos con la determinación de los límites de Atterberg, pero menos preciso. El valor de Equivalente de Arena indica la plasticidad de los suelos.

**Tabla 6**

*Clasificación de los suelos según el Equivalente de Arena*

Equivalente de Arena	Característica
EA>40	Suelos no plásticos, es arena
40>EA>20	Suelo poco plástico y no heladizo
EA<20	Suelos plástico y arcilloso

*Nota. De Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, por MTC, 2013, p.37.*

#### **2.2.3.5.5. *Abrasión los Ángeles***

Para Minaya & Ordoñez (2006) los agregados deben presentar soporte al desgaste irreversible, debido a los esfuerzos de carga que recibe la estructura de un pavimento, habiendo mayor intensidad en la superficie hasta una menor en la subrasante, considerándose que los agregados para la capa base deben ser los más resistentes.

En tal sentido, el MTC (2016) establece un ensayo para determinar la resistencia a la degradación de agregados gruesos de tamaños menores a 37.5 mm (1 ½”) empleando la Máquina de los Ángeles. El procedimiento de este ensayo pertenece al MTC E 207.

#### **2.2.3.5.6. *Partículas fracturadas***

Minaya & Ordoñez (2006) manifiestan que el porcentaje de agregado grueso con caras fracturadas tienen relación con maximizar la resistencia al esfuerzo cortante, debido al incremento de fricción entre las partículas.

El MTC (2016) establece un ensayo para determinar dicho porcentaje, en masa o cantidad, de agregado grueso que contenga partículas fracturadas que reúnan específicos requerimientos. Este ensayo se basa en el MTC E 210.

#### **2.2.3.5.7. *Sales solubles***

El MTC (2016) indica el procedimiento para el ensayo de sales solubles, el cual precisa el contenido de cloruros y sulfatos, solubles en agua, de los agregados pétreos que se utilizan en bases estabilizadas y mezclas asfálticas. Este ensayo se encuentra en el MTC E 219.



#### **2.2.3.5.8. *Partículas chatas y alargadas***

Minaya & Ordoñez (2006) denominan partícula chata cuando presentan una relación ancho/espesor mayor a 1/3; y partícula alargada cuando la relación largo/ancho es mayor a 1/3. El exceso de partículas con estas características puede perjudicar la estructura original del pavimento.

El MTC (2016) establece mediante el ensayo MTC E 223 el procedimiento para determinar el porcentaje de partículas chatas o alargadas en el agregado grueso.

#### **2.2.3.5.9. *Compactación de Suelos- Proctor Modificado***

De acuerdo al MTC (2016), este ensayo contempla el proceso de compactación de un suelo, en laboratorio, empleando una energía modificada (Proctor Modificado), para determinar la relación entre el contenido de agua versus el peso unitario seco de los suelos (curva de compactación). El procedimiento exacto está descrito en el MTC E 115.

#### **2.2.3.5.10. *CBR de suelos***

El MTC (2016) describe el ensayo para determinar el valor de la capacidad de soporte de un suelo o también conocido como CBR, mediante el MTC E 132, este ensayo se realiza generalmente sobre un suelo preparado en laboratorio bajo determinadas condiciones de humedad y densidad. Los valores de CBR obtenidos en esta prueba se usan para evaluar la resistencia potencial de subrasantes, subbases y material de bases, además forman una parte fundamental de varios métodos de diseño de pavimento flexible.

#### 2.2.4. Clasificación de suelos

Teniendo como datos la granulometría, plasticidad, índice de grupo y otras características de los suelos, mencionadas líneas arriba, se puede lograr clasificarlos y así estimar el comportamiento aproximado de los suelos. En la Tabla 7 se muestra la correlación de dos sistemas de clasificación de suelos, AASHTO y SUCS.

**Tabla 7**

*Correlación de tipos de suelos AASHTO - SUCS*

Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M-145	Clasificación de Suelos SUCS ASTM – D - 2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

*Nota.* De *Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*, por MTC, 2013, p.39.

##### 2.2.4.1. Clasificación AASHTO M-145

“Este sistema clasifica los suelos en siete grupos y varios subgrupos, y los ensayos necesarios se reducen a análisis granulométricos (tamices n° 10, 40, y 200), determinación de los límites de Atterberg y cálculo del índice de grupo (IG)” (Márquez, 2006, p. 17). De acuerdo a la Norma AASHTO M-145, los suelos se clasifican en tres categorías:

- **Suelos granulares.** Suelos ubicados en la clasificación A-1, A-2 y A-3. Se caracterizan porque su porcentaje que pasa por el tamiz N° 200 es menor o igual al 35% del total de la muestra.

- **Suelos limo-arcilla o material fino.** Suelos ubicados en la clasificación A-4, A-5, A-6 y A-7. Se caracterizan porque su porcentaje que pasa por el tamiz N° 200 es mayor al 35% del total de la muestra.

- **Suelos orgánicos.** Ubicado en la clasificación A-8. Son suelos que contienen principalmente materia orgánica. (Cabrejos & Murga, 2021, p. 40)

En la Tabla 8 se muestra la clasificación de los suelos basados el sistema AAHTO M – 145.

**Tabla 8**

*Clasificación de Suelos- Método AASHTO*

Clasificación general	Suelos granulosos							Suelos finos				
	35% máximo que pasa por tamiz de 0.08 mm							más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm				
Grupos	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
Análisis granulométrico	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
% que pasa por el tamiz de:												
2 mm	máx. 50											
0.5 mm	máx. 30	máx. 50	mín. 50									
0.08 mm	máx. 15	máx. 25	máx. 10	máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35
Límites de Atterberg												
LL				máx. 40	mín. 40	máx. 40	mín. 40	máx. 40	máx. 40	máx. 40	mín. 40	mín. 40
IP	máx. 6	máx. 6		máx. 10	máx. 10	mín. 10	mín. 10	máx. 10	máx. 10	mín. 10	IP<LL-30	IP<LL-30
IG	0	0	0	0	0	máx. 4	máx. 4	máx. 8	máx. 12	máx.16	máx. 20	máx. 20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena	Arena fina		Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		

Nota. De *Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*, por MTC, 2013, p.43.

#### **2.2.4.2. Clasificación SUCS**

Para Márquez (2006) la clasificación ASTM D – 22487 (SUCS) “Se determina a partir de la granulometría, la uniformidad, los límites de Atterberg y el contenido en materia orgánica. En la clasificación se usará únicamente el material pasante por el tamiz de 3”. (p.15)

El sistema SUCS, divide los suelos en dos grupos fundamentales, gruesos y finos. Las partículas retenidas en la malla N°200 son consideradas gruesas, y las que pasan la malla N°200 las finas. Además, se considera un suelo grueso, si más de la mitad de partículas en peso son gruesas, y se considera un suelo fino si más del 50% son partículas finas. (Cabrejos & Murga, 2021, p. 40)

#### **2.2.5. Escorias de horno eléctrico**

##### **2.2.5.1. Definición**

Choque (2012) manifiesta que la industria siderúrgica se divide en dos industrias principales: integrada (utilizando hierro y carbón como materias primas principales) y eléctrica (utilizando chatarra como materia prima principal). La segunda es la más empleada debido a que su materia prima es menos costosa, accesible y además es reciclable. Así mismo, el uso de la chatarra es superior porque otorga mejores propiedades mecánicas que otras materias primas utilizadas en la fabricación de acero. (p. 23)

La Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, DD. 34 (2003) define a la escoria como “un material de origen industrial proveniente de la elaboración de acero en hornos eléctricos que se realiza mediante el proceso de fusión, afino o elaboración del acero y que se disocia de él debido al menor peso específico”,

siendo considerada uno de los principales subproductos de la metalurgia industrial.

El debido procedimiento de elaboración de la escoria se obtiene por medio de la adición de alcalinotérreos y óxidos alcalinos, silicatos, escorificantes, aluminatos, fluidificantes y fundentes. Sus principales labores son la de cubrir y proteger al metal frente a la oxidación a elevada temperatura y aislar térmicamente por lo cual mejora la eficiencia energética, a su vez actúa de fase receptora para la captación de inclusiones/óxidos indeseables en la fase metálica. Las características dependen del proceso de fabricación donde se produzcan, así tenemos: escorias negras o de horno eléctrico (HEA), escorias blancas o de alto horno (BF), escorias de convertidor (BOF) y escorias de afino o de metalurgia secundaria. (UNESID, 2022)

#### **2.2.5.2. Tipos de escoria**

Debido a la producción y fundición del hierro y el acero es que se generan las escorias ferrosas, las cuales pueden clasificarse de acuerdo al tipo de horno, tal como se muestra en la Figura 2. El proceso para producir el acero crudo, las condiciones de enfriamiento de esta y los procedimientos adicionales a realizar para darle un valor agregado al residuo son factores que determinarán las propiedades de la escoria. (Rojas et. al, 2021)

Para la presente investigación se empleó escorias de acero en función del tipo de Horno de Arco Eléctrico (EHAE) o también conocida como escoria negra, la cual se muestra en la Figura 3, producida en la etapa de fundición de la chatarra en la planta siderúrgica SiderPerú.

**Figura 2**

*Clasificación de las escorias*



*Nota.* Reproducido de “Uso de las escorias de horno de arco eléctrico (EHAE) en la construcción – estado del arte” (p. 3), por Rojas et. Al, 2021.

**Figura 3**

*Escoria de horno de arco eléctrico*



*Nota.* En la imagen se muestra escoria granulada proveniente del horno de arco eléctrico de la empresa siderúrgica SiderPerú.

### **2.2.5.3. Escoria negra**

Para Marquina (2008) las escorias negras “son el producto de la oxidación de impurezas y de la adición de productos secundarios como la cal, introducción de materias primas como: hierro, chatarra, etc., constituyéndose las escorias a razón de 143 kg/TM de acero aproximadamente. Sus componentes principales son Cao, FeO, MgO y SiO<sub>2</sub>.” (p.3)

Mediante el proceso de fusión en el horno de acero de arco eléctrico se produce un acero líquido y, en su superficie, la escoria negra como tal, que se obtiene por una de las puertas del horno. Posteriormente a la extracción de la escoria del horno, se realiza el enfriamiento respectivo de distintas formas:

- La escoria se vierte directamente al suelo y se enfría bruscamente con agua para que pueda ser llevada en camiones. La escoria tiene un aspecto muy poroso, de tamaño pequeño.
- Se puede verter en un cono de fundición que se coloca por debajo de la piquera del horno eléctrico. La escoria empieza a enfriarse en el cono y se vierte en una fosa donde se enfría. La escoria obtenida presenta un aspecto menos poroso y es más cristalina.
- Se vierte en un cono de fundición que se deja enfriar y una vez fría se retira del cono. La escoria obtenida es muy compacta, con pocos poros, dura y muy cristalina. (Ministerio de Fomento, 2013)

### **2.2.5.4. Obtención de la escoria de horno eléctrico en SiderPerú**

Según Holguín (2018) la empresa SIDERPERÚ produce acero vía Horno Eléctrico (tiene una capacidad de 1000 Tn/día de acero líquido), empleando a la



chatarra como materia prima, que mediante la fundición con fundentes y ferroaleaciones se obtiene el acero, con una composición química deseada. (p. 8)

La formación de escoria se inicia llevando la materia prima (chatarra) a la bóveda del horno, el cual está compuesto de una carcasa metálica exterior, paneles refrigeradores y cama de sacrificio de material refractario. Luego de colocada la materia prima se cierra la bóveda y se inicia el arco eléctrico, el cual la fundirá producto de la energía eléctrica en corriente alterna entre tres electrodos de grafito.

Con la chatarra totalmente fundida debajo de electrodos a 1600 °C se añade cal para generar escoria y se le inyecta oxígeno puro para oxidar el acero líquido. Finalmente, se le adiciona carbón el polvo para generar excoria espumosa.

Entre los 40 y 60 min después, se extrae la escoria por un orificio del horno eléctrico y es trasladada hacia la zona de enfriamiento, para posteriormente ser evacuada a la zona de recuperación metálica. La cantidad de escoria de horno eléctrico se genera en relación a 111kg/t de acero sólido. SiderPeru cuenta con su propia planta de recuperación metálica y clasifica a la escoria de acuerdo a tamaños.

Al extraer la escoria del horno eléctrico, esta se encuentra líquida y se enfría bruscamente con agua, sufriendo cohesión entre sus partículas formando rocas. Estas son transportadas a una planta donde se recupera el material ferroso para reciclarlo en el horno eléctrico y el material no ferroso se clasifica por tamaños para trasladarlo a una zona de acopio. (Zelada, 2016)

## 2.2.5.5. Características de las escorias de horno eléctrico

### 2.2.5.5.1. Características físicas

En la tabla 9 se muestran las características físicas que presenta la escoria de horno eléctrico proveniente de SiderPerú.

**Tabla 9**

*Características físicas de la escoria de horno eléctrico*

Presentación	Granel: Gravilla (0-3/8”), grava huso 67 (3/8” – 1”), grava huso 3 (1” – 2”), grava (2” – 3”) y base (3” – 10”)
Estado	Sólido
Color	Gris y negro
Textura	Rugosa y áspera
Forma	Cúbica y angular
Olor	Ninguno
Otras propiedades	Inerte

*Nota.* Los datos de esta tabla fueron proporcionados por el laboratorio de SiderPerú.

### 2.2.5.5.2. Características químicas

En la Tabla 10 se muestra la composición química de la escoria proveniente del horno eléctrico de SiderPerú.

**Tabla 10**

*Análisis químico de la escoria de horno eléctrico de SiderPerú*

Parámetro	Unidades	Límite de Cuantificación	Muestra 1	Muestra 2
B	%	-	0.02	0.03

Parámetro	Unidades	Límite de Cuantificación	Muestra 1	Muestra 2
Al	%	-	1.55	1.31
P	%	-	0.13	0.09
Ti	%	-	0.24	0.17
V	%	-	0.09	0.04
Cr	%	-	0.15	0.12
Mn	%	-	2.25	1.28
Cu	%	-	0.02	0.02
Zn	%	-	0.03	0.03
Sr	%	-	0.03	0.02
Mo	%	-	14.84	41.29
Ba	%	-	0.07	0.05
Na	%	-	0.19	0.25
Mg	%	-	4.65	2.2
K	%	-	0.12	0.18
Ca	%	-	19.08	9.21
Fe	%	-	18.05	25.02
Li	mg/kg	0.12	16.67	13.58
Be	mg/kg	0.06	0.83	0.58
Co	mg/kg	0.02	6.18	25.94
Ni	mg/kg	0.04	44.05	246.58
As	mg/kg	0.04	8.86	57.85
Se	mg/kg	0.02	0.02	0.9
Ag	mg/kg	0.02	1.54	8.44
Cd	mg/kg	0.02	0.54	3.9
Sn	mg/kg	0.04	62.53	500
Sb	mg/kg	0.02	0.57	11.14
Ce	mg/kg	0.03	26.05	29.68
W	mg/kg	0.5	95.3	31.15
Tl	mg/kg	0.03	0.03	0.15
Pb	mg/kg	0.02	148.25	2200
Bi	mg/kg	0.03	0.03	0.15

Parámetro	Unidades	Límite de Cuantificación	Muestra 1	Muestra 2
Th	mg/kg	0.1	3.9	4.67
U	mg/kg	0.03	1.94	1.74
Hg	mg/kg	0.01	2.66	2.54

*Nota. De Empresa Inspectorate- Bureau Beritas, 2009.*

#### 2.2.5.6. Ventajas y desventajas de la escoria en pavimentos urbanos

Como ya se había mencionado ítems arriba, las capas granulares de los pavimentos son los que proporcionan apoyo uniforme a la rodadura, las cuales soportan las cargas y distribuyen los esfuerzos a la capa inmediatamente inferior. En tal sentido, Rojas et. al (2021) manifiestan que debido a la exposición que tienen los materiales de la base y subbase a la humedad, es necesario que, antes de comprobar sus características físico-mecánicas, se analice la toxicidad que puede generar la escoria. Por tal motivo, los autores basándose en diferentes estudios, concluyen que, para metales como el As, Cr, Mo y Pb, las concentraciones en lixiviados de todas las escorias se encuentran por debajo de los límites permitidos. Sin embargo, las cantidades presentes de Zinc en la EHAE superan el límite inerte. Por ello, es que no recomiendan emplear como único material para la conformación de base o subbase a las escorias, sino mezclarlas con agregados pétreos naturales para poder cumplir con las normativas ambientales.

Mientras que, el Ministerio de Fomento (2013) señala la existencia del riesgo de expansión y de hinchamiento, por lo que es importante examinar su potencial expansivo y ajustar su empleo cuando sobrepase los valores establecidos. Suelen combinarse con otros áridos para mejorar sus características, debido a su

porosidad, su angulosidad, y a la falta de finos. Por ningún motivo se puede usar en capas estabilizadas con cemento junto a otros elementos que restrinjan las posibles expansiones.

La utilización de la escoria en la producción de mezclas bituminosas presenta algunas dificultades como: su elevada densidad y la mayor absorción conlleva demandas de betún mayores.

Su diferencia de textura superficial, aunque afecta positivamente al rozamiento neumático-pavimento en las capas de rodadura, puede también producir nuevas diferencias sobre las relaciones volumétricas esperadas entre ligante y áridos.

Por otro lado, la principal ventaja de las escorias en bases granulares radica en el bajo costo que presenta comparado con otro material pétreo, además que presenta un excelente valor de CBR (150% - 300% en escoria contra 85% - 100% en agregados pétreos) obteniéndose mayor durabilidad ante las cargas y teniendo la posibilidad de reducir el espesor de la capa. También tiene mayor estabilidad de la base, debido a la mayor resistencia mecánica de la escoria. Otro punto importante es, que se obtiene un mejor comportamiento ante el efecto del agua, debido a la inexistencia de fracción fina plástica de las escorias. (Choque, 2012)

## **2.2.6. Estabilización de suelos**

### **2.2.6.1. Definición**

El MVCS (2012), define la estabilización de suelos como: “un proceso físico o químico a través del cual se mejora la capacidad mecánica del suelo.”

Además, se define como la optimización de las propiedades físicas de un suelo mediante procesos mecánicos e incorporación de materiales químicos. Este tipo de estabilizaciones generalmente se usan cuando la subrasante es pobre e

inadecuada, son conocidas las estabilizaciones del suelo con cemento, cal, asfalto y otros productos.

Cuando se estabiliza una subbase granular o base granular, para obtener un material de óptima calidad se califica como subbase o base granular tratada (con cemento o con cal o con asfalto, etc) (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013)

La estabilización de un suelo permite mejorar su estabilidad volumétrica, aumenta su resistencia y el módulo esfuerzo-deformación, aumenta su permeabilidad y durabilidad. Generalmente se usan los suelos de baja calidad, para evitar su extracción y transporte a vertedero (contaminación ambiental), aumentando su resistencia a los distintos agentes climáticos, obteniendo un suelo estable de apoyo del firme de infraestructuras viales.

Hay muchos tipos de estabilización entre ellos encontramos: La compactación y el drenaje del agua son los procedimientos más fáciles de estabilización. Igualmente, se puede unir dos o más suelos para obtener un suelo optimizado en granulometría, plasticidad o grado de permeabilidad. También se logra mediante aditivos que actúan física o químicamente sobre las características del suelo. Los más utilizados son el cemento y la cal, pero se usan además cenizas volantes, escorias granuladas, puzolanas, ligantes hidrocarbonados fluidos, cloruro cálcico, cloruro potásico, etc. Por tanto, la estabilización puede ser mecánica o química. (Yepes, 2014)

#### **2.2.6.2. Criterios geotécnicos para establecer la estabilización de suelos**

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013) establece los siguientes criterios a tener en cuenta para la estabilización de suelos:

A. Se considerarán como materiales adecuados para la subrasante los suelos con  $CBR \geq 6\%$ . En caso de ser menor será un material que se tendrá que estabilizar.

El Ingeniero responsable decidirá entre las distintas alternativas como: Estabilización mecánica, Reemplazo del suelo de cimentación, Estabilización con geosintéticos (geotextiles, geomallas u otros), Pedraplenes, etc.

B. Cuando el suelo sea arcilloso o limoso y al humedecerse las partículas del material penetren en las capas granulares del pavimento, deberá colocarse un material anticontaminante de 10 cm de espesor.

C. La sub rasante debe quedar como minimos a 0.60 m de la capa freática si es buena; a 0.80m si es buena o regular; a 1.00 m cuando la subrasante sea ineficiente y a 1.20 m cuando sea inadecuada.

D. los factores a considerar para seleccionar el método de estabilización conveniente son:

- Tipo de suelo a estabilizar
- Uso propuesto del suelo estabilizado
- Tipo de aditivo estabilizador de suelos
- Experiencia en el tipo de estabilización que se aplicará
- Disponibilidad del tipo de aditivo estabilizador
- Disponibilidad del equipo adecuado
- Costos comparativos

### **2.2.6.3. Tipos de estabilización**

Existen diversos tipos de estabilización de suelos para pavimentos, para lo que es importante conocer en primer lugar las características y propiedades de los suelos,

con la finalidad de obtener el método apropiado de estabilización que puede ser mecánica o química. (Marquina, 2008)

#### **2.2.6.3.1. Estabilización mecánica**

La estabilización mecánica es un método de mejoramiento de las propiedades de los suelos, el cual consiste en ejercer acción mecánica de corta duración de manera repetitiva sobre una masa de suelo parcialmente saturado, empleando equipos llamados compactadores, con los cuales se busca aumentar la resistencia al corte. (Cabrejos & Murga, 2021)

Para el MTC (2013), con la Estabilización Mecánica de Suelos se busca mejorar el material del suelo existente, sin que se altere su estructura y composición básica del mismo, reduciendo el volumen de vacíos presentes en el suelo mediante el proceso de compactación.

#### **2.2.6.3.2. Estabilización química**

Se define así generalmente a la agregación de agentes estabilizantes químicos ya sean aditivos sólidos o líquidos. Principalmente se usa cemento portland, asfalto, cal, cenizas, escorias, etc. Lo que se busca es generar una reacción química del suelo con los estabilizantes para así llegar a modificar de las características de los suelos, obteniendo una mayor capacidad a la carga dinámica a los que estará sometido durante su vida útil. (Angulo & Zavaleta, 2019)

#### **2.2.6.4. Método granulométrico o de mezclas**

Marquina (2008) considera un método granulométrico para estabilizar un suelo grueso o fino, basado en la distribución en tamaño de sus partículas, forma,



textura, peso volumétrico, fricción interna y cohesión. Los suelos que se utilizan comúnmente son:

- **Suelos que proceden de bancos naturales;** como depósitos de arena del mar como arenas uniformes, o depósitos de ríos como gravas, arenas, limos y arcillas.
- **Suelos procesados;** los suelos procedentes de bancos naturales no son aptos para la construcción de pavimentos urbanos, por lo que se necesita mejorar su granulometría, proporcionar alta densidad, buena distribución de tamaños de partículas, forma y textura para conseguir una adecuada separación de tamaños de partículas y lograr mejores compacidades y consistencia.
- **Suelos que proceden de bancos de préstamos;** son suelos aptos para la construcción de pavimentos, son extraídos de excavaciones cercanas de la obra vial.
- **Suelos del tipo especial;** son suelos que han sido modificados en sus propiedades físicas y/o químicas para obtener resultados aptos y utilizables para pavimentos, como: las escorias de altos hornos.

#### **2.2.6.4.1. Estabilización granulométrica con escoria**

Hoy en día, las escorias de hornos de fundición se emplean en varias partes del mundo, teniendo participación en la fabricación de hormigón como agregado, como material de base y subbase de pavimentos, estabilización de sub rasantes, en la carpeta asfáltica.

Al ser usado este sub producto de la metalurgia en la construcción de la infraestructura vial se evita explotar más canteras, manteniendo el paisaje armónico de las distintas zonas y reduciendo además las emisiones de dióxido

de carbono al medio ambiente. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013)

La resistencia es una característica importante que aportan las escorias de hornos eléctricos a los suelos. En caso se presente escasez de finos se podrá realizar una mezcla homogénea de escoria, arena fina, cal y agua, con la finalidad de llenar todos los vacíos entre partículas, incrementando su resistencia producto del contacto entre las partículas, donde la presencia de los finos permita una mejor distribución de los esfuerzos. (Marquina, 2008)

En los suelos estabilizados con escoria y cal el porcentaje considerado en peso de cal se encuentra en 1.5 y 3% y de la escoria entre 35% - 45% en volumen.

Referente al tamaño de agregados deben ser menores a 1 cm ya que al ser despedidos por la acción del tránsito pueden provocar daños a los vehículos y personas. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013)

#### **2.2.6.5. Bases y Subbases tratadas**

Se usa para estabilizar también una capa de subbase o base (material granular) para obtener una mejor calidad denominándose sub base o base tratada o estabilizada. Es decir, se aplica una estabilización en base o subbase, que aun cumpliendo con los requerimientos de tener un buen CBR, se estabilizará para tener un material de mejor calidad y características y así tener un menor espesor de capa. Este concepto se aplica generalmente para los caminos donde se presente tráfico pesado o si es el caso de tráfico menor, se usará porque así lo requiere por las condiciones que presente en su ejecución como, por ejemplo, escasez o cuando no se disponen de materiales de subbase o base, elevados costos de transporte y tratamiento de chancado.

Existen distintos métodos de estabilización, sin embargo, se debe tomar énfasis en contar los ensayos de laboratorio adecuados y que ratifiquen un buen resultado, además de garantizar la conservación vial. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013, pág. 17)

### **2.2.7. Método gráfico de optimización de granulometrías**

Para Rodríguez (2019), cuando un agregado no cumple con las recomendaciones granulométricas, se puede hacer una optimización mezclando la arena y grava que se tienen en cierta proporción, de tal manera que se obtenga relaciones de agregado fino-agregado grueso convenientes.

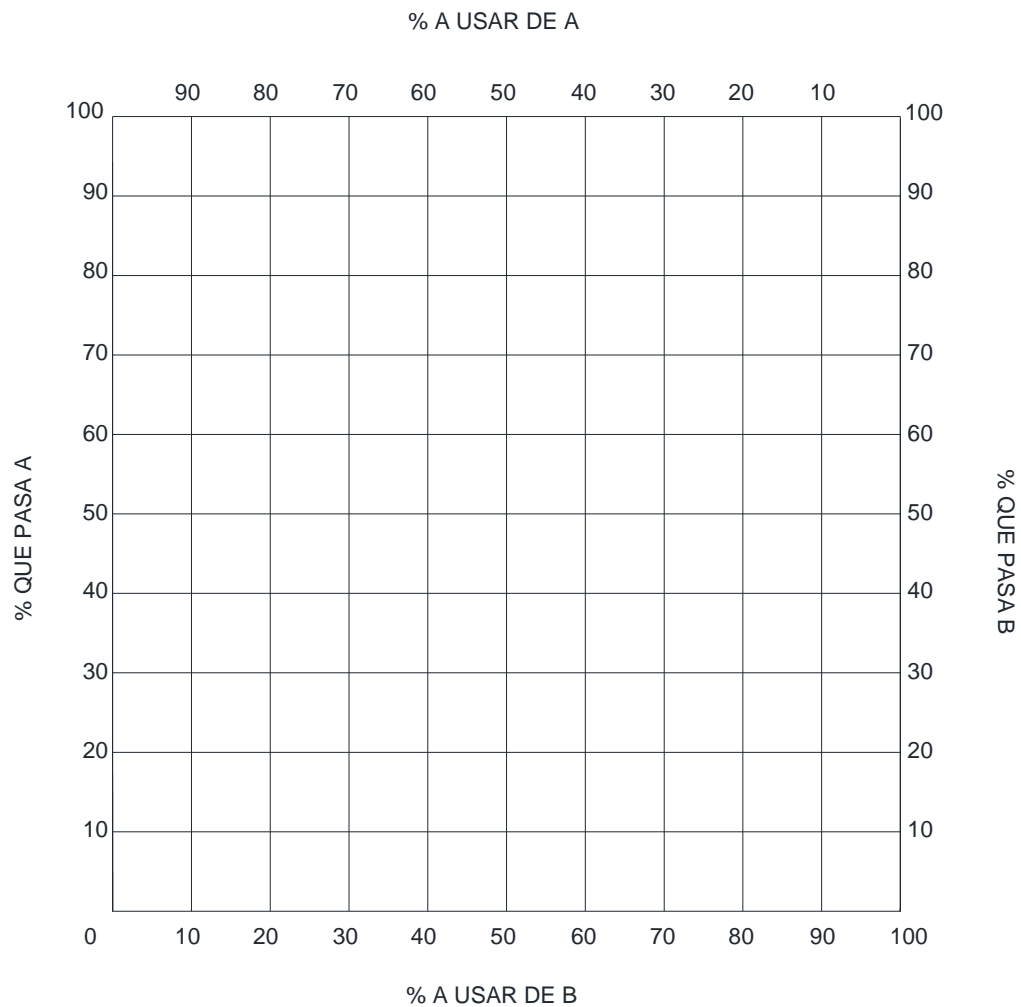
El método más utilizado para optimizar granulometrías es el Road Note Laboratory o conocido también como método gráfico, el cual emplea un ábaco como el que se muestra en la Figura 4 y se realiza como se indica líneas abajo.

- Se dibuja un cuadro de 10 divisiones en el eje de las ordenadas y 10 en las abscisas.
- Se enumeran los ejes de las ordenadas de abajo hacia arriba de 0 a 100 y los ejes de las abscisas, el lado superior del cuadro de 0 a 100 de izquierda a derecha y el inferior de derecha a izquierda, de este modo cualquier valor de abajo da 100.
- Se escoge el eje superior como eje de porcentajes de arena y al inferior como eje de porcentajes de grava.
- Sobre el eje de las ordenadas correspondientes al 100% de la arena se coloca la granulometría de la arena y sobre el eje correspondiente al 100% de la grava se coloca la granulometría de dicho material.
- Se unen por medio de líneas rectas los puntos correspondientes y se marcan los límites de la especificación elegida.

- Se traza un eje vertical que separe los puntos hallados en igual cantidad a izquierda y derecha. A este eje le corresponde un porcentaje de arena y un porcentaje de grava que representa la combinación óptima.

**Figura 4**

*Optimización de las Granulometrías*



*Nota.* Adaptado de *Comportamiento del concreto fluido modificado con caucho reciclado de neumático de bicicleta* (p. 33), por Rodríguez, 2019.

Es importante mencionar que las proporciones de los agregados finos y gruesos que deben ser combinados están dadas por peso, puesto que las granulometrías están basadas en pesos retenidos.

El método de la Road Note Laboratory es muy aproximado, esto depende de la precisión de la gráfica y de la localización de la línea vertical. Por esto es recomendable realizar el procedimiento con cuidado para hallar la granulometría que cumpla con las especificaciones.

De la misma manera, este método se puede emplear para más de dos agregados, realizando primero la combinación de las porciones gruesas y la granulometría resultante se combina con la fracción fina.

### **2.2.8. Metodología de diseño de un pavimento flexible**

De acuerdo al MTC (2013) para realizar el dimensionamiento de las secciones del pavimento y debido a los procedimientos más generalizados de uso actual en el país.

Los procedimientos adoptados indispensables son dos:

- a. Método AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993
- b. Análisis de la Performance o Comportamiento del Pavimento durante el período de diseño.

El diseño está condicionado por dos parámetros básicos: las cargas de los vehículos impuestas al pavimento y las propiedades de la subrasante sobre la que se reposa el pavimento. (p. 149)

#### **2.2.8.1. Método Guía AASHTO 93 de diseño**

El método AASHTO 1993 se basa primordialmente en obtener un Número estructural requerido (SNR), lo cual permitirá indicar los espesores de cada capa de la estructura del pavimento que serán diseñadas para soportar las cargas vehiculares durante un periodo de diseño.

### 2.2.8.1.1. *Periodo de diseño*

Según AASHTO (1993) nos indica que: “es el periodo de tiempo para el cual va a ser diseñado el pavimento”. (p7)

Asimismo, el MTC (2013) indica que: “Para pavimentos flexibles será hasta 10 años para caminos de bajo volumen de tránsito, periodos de diseño por dos etapas de 10 años y periodo de diseño en una etapa de 20 años.” (p.121)

### 2.2.8.1.2. *VARIABLES DE DISEÑO*

La ecuación es la siguiente:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_O + 9.36 \log_{10}(SN+1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{1094}\right)}{0.4 + \frac{1}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

A partir de aquí se desprenden algunas definiciones de las variables a considerar como:

#### a) **Ejes equivalentes ( $W_{18}$ )**

Es el número acumulado de ejes simples equivalentes (ESAL) a 18000 lb (80kn).

Esto será usado para separar el tráfico acumulado en periodos de tiempo.

#### b) **Módulo de resiliente ( $M_R$ )**

Medida de rigidez de la sub rasante que se correlaciona con el CBR.

$$MR = 2555. (CBR)^{0.64}$$

#### c) **Confiabilidad (%R)**

Representa la probabilidad que tiene una estructura que se comporte de acuerdo al periodo ya previsto. La confiabilidad no es un parámetro de ingreso directo en la ecuación por lo que se deberá usar Desviación Normal Estándar ( $Z_R$ ). A medida que se recoja un R mayor serán los espesores más

grandes. En la presente tabla se muestra los niveles de confiabilidad recomendados para las distintas clasificaciones.

**Tabla 11**

*Niveles de confiabilidad en una sola etapa de diseño según rango de tráfico*

Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados	Nivel de Confiabilidad (R)
T <sub>P0</sub>	100000	65%
T <sub>P1</sub>	150001	70%
T <sub>P2</sub>	300001	75%
T <sub>P3</sub>	500001	80%
T <sub>P4</sub>	750001	80%
T <sub>P5</sub>	1000001	85%
T <sub>P6</sub>	1500001	85%
T <sub>P7</sub>	3000001	85%
T <sub>P8</sub>	5000001	90%
T <sub>P9</sub>	7500001	90%
T <sub>P10</sub>	10000001	90%
T <sub>P11</sub>	12500001	90%
T <sub>P12</sub>	15000001	95%
T <sub>P13</sub>	20000001	95%
T <sub>P14</sub>	25000001	95%
T <sub>P15</sub>	> 30000000	95%

*Nota. De Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, por MTC, 2013, p. 154.*

**d) Coeficiente estadístico de desviación estándar normal ( $Z_R$ )**

Representa el valor de la confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos. A continuación, se indican los valores aconsejados de niveles de confiabilidad, en función de los niveles de confiabilidad R.

**Tabla 12**

*Valores de  $Z_r$  en función de la confiabilidad*

Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados	Desviación estándar ( $Z_R$ )
T <sub>P0</sub>	100000	-0.385
T <sub>P1</sub>	150001	-0.524
T <sub>P2</sub>	300001	-0.674
T <sub>P3</sub>	500001	-0.842
T <sub>P4</sub>	750001	-0.842
T <sub>P5</sub>	1000001	-1.036
T <sub>P6</sub>	1500001	-1.036
T <sub>P7</sub>	3000001	-1.036
T <sub>P8</sub>	5000001	-1.282
T <sub>P9</sub>	7500001	-1.282
T <sub>P10</sub>	10000001	-1.282
T <sub>P11</sub>	12500001	-1.282
T <sub>P12</sub>	15000001	-1.645
T <sub>P13</sub>	20000001	-1.645
T <sub>P14</sub>	25000001	-1.645
T <sub>P15</sub>	> 30000000	-1.645

*Nota. De Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, por MTC, 2013, p. 156.*

**e) Desviación Estándar Combinada (So)**

De acuerdo a la Guía ASSHTO recomienda para los pavimentos flexibles colocar los valores entre 0.40 y 0.50. Se recomienda para uso general adoptar el valor de 0.45



**f) Índice de serviciabilidad presente (PSI)**

Es la condición necesaria para ofrecer al usuario la comodidad y proveer un manejo seguro y confortable. Su valor varía entre 0 a 5.

**Tabla 13**

*Calificación según el índice de serviciabilidad presente*

Índice de serviciabilidad (p)	Calificación
0-1	Muy mala
1-2	Mala
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy buena

*Nota.* De *Guía de Diseño de Estructuras de Pavimentos*, por AASHTO, 1993, p.10.

▪ **Serviciabilidad Inicial (Pi)**

Es el valor de servicio de una vía recién construida. La serviciabilidad inicial es función del diseño del pavimento y de la calidad que presenta la construcción. La AASHTO recomienda los siguientes valores:

Pi= 4.5 → pavimentos rígidos

Pi= 4. 0 a 4.2 → pavimentos flexibles

▪ **Serviciabilidad final (Pt)**

Indica la condición de la vía, es decir el valor mínimo del índice de servicio que puede ser aceptado. Los valores que se pueden asumir según AASHTO son:

Pt= 2.5 o más → caminos muy importantes

Pt= 2 → caminos de menor tránsito

▪ **Variación de serviciabilidad ( $\Delta PSI$ )**

Teóricamente se define como el índice de serviciabilidad inicial menos la serviciabilidad final, es decir representa una pérdida gradual de la calidad de servicio de la vía.

$$\Delta PSI = P_i - P_t$$

Estos valores de serviciabilidad que se consideran significan un acabado de construcción bueno, por ello si la ejecución del pavimento se va a llevar a cabo con herramientas manuales o equipos gastados probablemente este no cumpla los niveles de serviciabilidad establecidos y por ende tengo un tiempo de vida útil menor.

**g) Número estructural propuesto (SNR)**

Representa el espesor total del pavimento a colocar, es decir indica el espesor de la capa de rodadura, base y sub base, mediante la siguiente ecuación.

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

Donde:

$a_1, a_2, a_3$  = Coeficientes estructurales de las capas; superficial, base y sub base, respectivamente.

$d_1, d_2, d_3$  = espesores de las capas superficial, base y sub base (en cm)

$m_2, m_3$  = coeficientes de drenaje para las capas de base y sub base

**h) Coeficientes estructurales de los materiales**

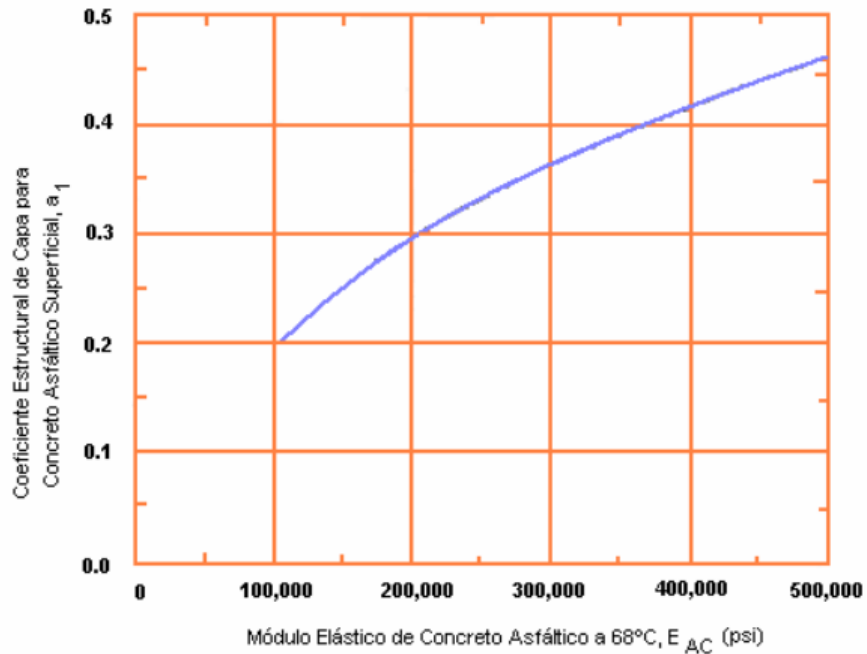
Para obtener los coeficientes estructurales de cada uno de los materiales empleados en la estructura de un pavimento flexible se emplean los siguientes ábacos.

- **Concreto asfáltico**

Haciendo uso del ábaco de la Figura 5, y conociendo el Módulo elástico del concreto asfáltico se puede hallar su coeficiente estructural ( $a_1$ ).

### Figura 5

*Carta para la estimación del coeficiente estructural de capa de concreto asfáltico de gradación densa basado en el módulo elástico*



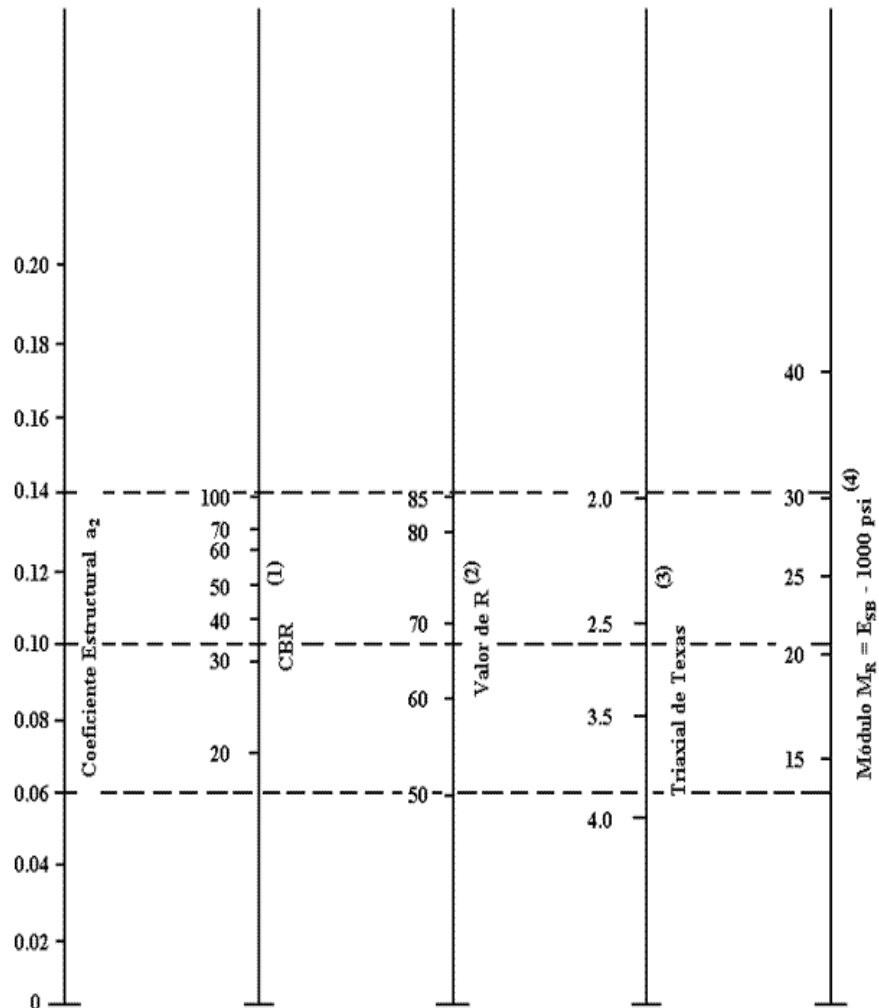
*Nota.* Adaptado de *Guía de Diseño de estructuras de pavimentos AASHTO-1993*, p.23.

#### - Base granular

Haciendo uso del ábaco de la Figura 6, conociendo el valor del CBR de la base se puede hallar su coeficiente estructural ( $a_2$ ) y su módulo resiliente ( $M_r$ ).

**Figura 6**

Variación en el coeficiente estructura de capa base ( $a_2$ ) con diferentes parámetros de resistencia



- (1) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de California, Nuevo Mexico y Wyoming.
- (3) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

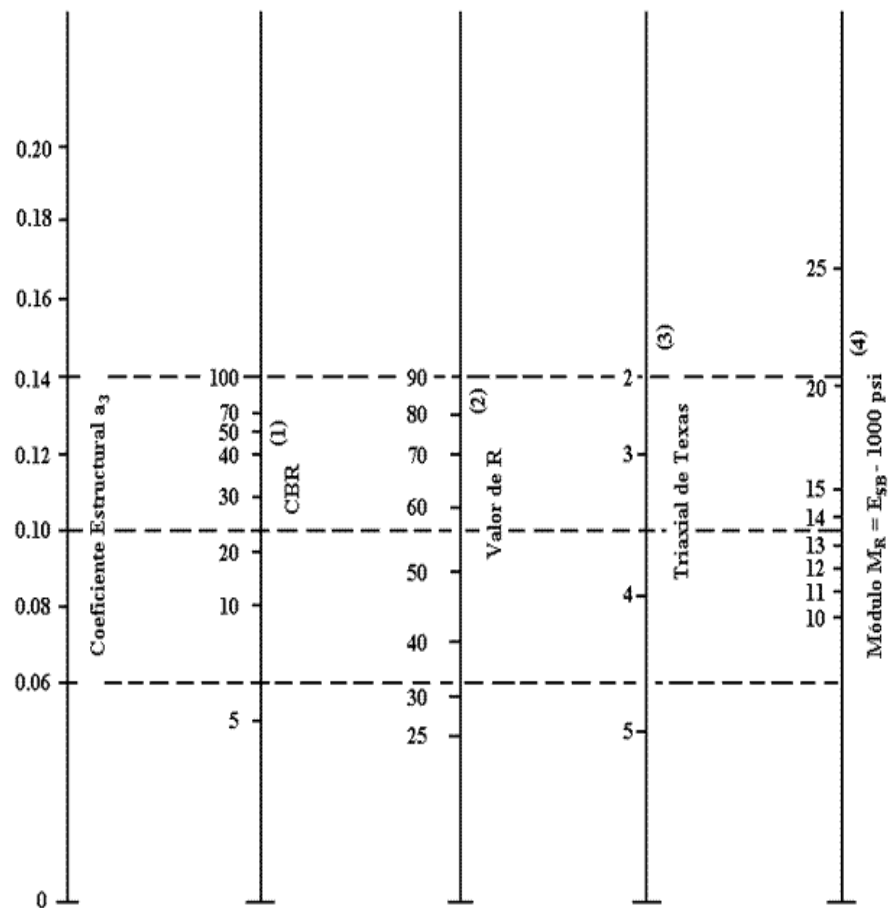
Nota. Reproducido de *Guía de Diseño de estructuras de pavimentos AASHTO-1993*, p.23.

**- Subbase granular**

Haciendo uso del ábaco de la Figura 7, conociendo el valor del CBR de la subbase se puede hallar su coeficiente estructural ( $a_3$ ) y su módulo resiliente ( $M_r$ ).

**Figura 7**

Variación en el coeficiente estructura de capa sub base ( $a_3$ ) con diferentes parámetros de subbase



- (1) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de California, Nuevo Mexico y Wyoming.
- (3) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

Nota. Reproducido de *Guía de Diseño de estructuras de pavimentos AASHTO-1993*, p. 27.

**i) Drenaje**

Este coeficiente depende de dos parámetros: la calidad del drenaje y el tiempo de exposición que tiene un pavimento a los niveles de humedad. AASHTO define cinco capacidades de drenaje, que se muestran en la presente tabla:

**Tabla 14**

*Calidad del drenaje*

Calidad del drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no evacua

*Nota.* De *Guía de Diseño de estructuras de pavimentos*, por AASHTO, 1993, p.31.

La Tabla 15 que se muestra a continuación presenta valores mi recomendado para los porcentajes de tiempo en las cuales la estructura del pavimento está expuesta a agentes de humedad.

**Tabla 15**

*Valores de mi recomendado para los coeficientes de capa modificados en pavimentos flexibles*

Calidad del drenaje	% del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1	1 - 5	5 - 25	>25
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.8	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

*Nota.* De *Guía de Diseño de estructuras de pavimentos*, por AASHTO, 1993, p.32.

## **2.3. Definición de términos**

### **2.3.1. *Agente estabilizador***

Es el producto diferente al suelo que se le adiciona a este con el propósito de mejorar sus propiedades físico- mecánicas. (MVCS, 2010)

### **2.3.2. *Propiedades físicas***

Son aquellas que determinan las propiedades índices de los suelos y que permiten clasificarlos. (Herrera, 2014)

### **2.3.3. *Propiedades mecánicas***

Son aquellas propiedades que permiten determinar la resistencia de los suelos o el comportamiento de estos frente a las solicitaciones de cargas. (Herrera, 2014)

### **2.3.4. *Escoria negra***

Es obtenida en la fase de fabricación de acero, teniendo como materia prima mayoritaria a la chatarra reciclada, en el Horno Eléctrico de Arco a razón de 110-150 Kg. por tonelada de acero producido. (Ortega, 2011)

### **2.3.5. *Tráfico***

Es la determinación del número de aplicaciones de carga por cada eje simple equivalente, analizado durante el periodo de diseño considerado para el proyecto. (MVCS, 2010)

### **2.3.6. *Pavimentos urbanos***

Es el espacio destinado al tránsito de vehículos y/o personas que se encuentran dentro del límite urbano, se pueden clasificar en: vías expresas, arteriales, colectoras y locales. (MVCS, 2010)

## 2.4. Marco normativo

### 2.4.1. *Manual de Ensayos de Materiales- Ministerio de Transportes y Comunicaciones*

Aprobado en 2016, con la RD-N°18-2016-MTC/14, mediante el cual se aprueban los ensayos establecidos, tales como la elaboración de análisis en laboratorio, a propiedades físicas, químicas y mecánicas.

### 2.4.2. *N.T.E. CE. 010 Pavimentos Urbanos- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento*

Aprobada en 2010, con el DS-001-2010-VIVIENDA, modificación de la Norma Técnica CE. 0.10 Aceras y Pavimentos.

En esta norma se establecen los requisitos para el diseño, construcción y mantenimiento de los pavimentos. Para lo cual se deben realizar una serie de ensayos que permitan garantizar la calidad óptima del material granular empleado en la base y subbase de un pavimento. Estos ensayos son los siguientes:

- Ensayos de Granulometría (NTP 400.012)
- Abrasión Los Ángeles (NTP 400.019)
- CBR de laboratorio (NTP 339.145)
- Limite Líquido (NTP 339.129)
- Índice de Plasticidad (NTP 339.129)
- Equivalente de Arena (NTP 339.146)
- Sales Solubles Totales (NTP 339.152)
- Partículas con una cara fracturada (MTC E-210)
- Partículas con dos caras fracturadas (MTC E-210)



**2.4.3. *Manual de carreteras – Especificaciones técnicas generales para la construcción- Ministerio de Transportes y Comunicaciones.***

Aprobada en 2013, mediante la RD-N°22-2013-MTC/14. El propósito de este manual es uniformizar las condiciones, requisitos, parámetros y procedimientos de las actividades relacionadas a obras de infraestructura vial, con la finalidad de estandarizar los procesos que conduzcan a obtener los mejores índices de calidad de la obra.

**2.4.4. *Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos- Ministerio de Transportes y Comunicaciones***

Aprobada en 2013, mediante la RD-N°05-2013-MTC/14. La finalidad de este manual es brindar criterios homogéneos sobre suelos y pavimentos que faciliten el diseño de las capas superiores de carreteras, proporcionándoles un mejor desempeño eficiencia técnico-económica.



# **CAPÍTULO III:** **Materiales y métodos**

### III. Materiales y métodos

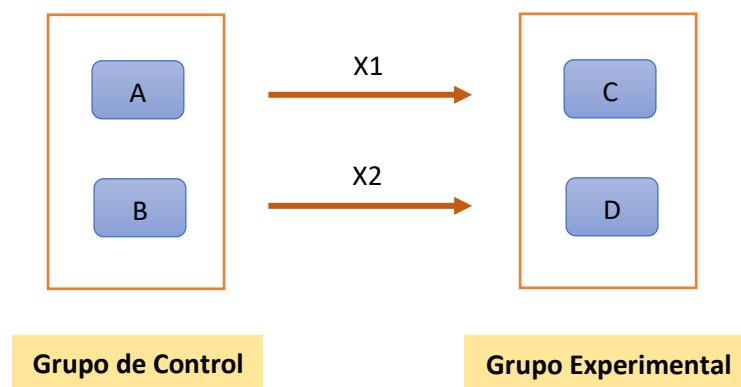
#### 3.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es del tipo aplicada, porque se realizó con el fin de adquirir nuevos conocimientos, y se aplicó para dar soluciones prácticas al problema previamente establecido, con la finalidad de comprobar nuestras hipótesis planteadas, y ver su ocurrencia ya sea positiva o negativa, a medida que se fue realizando y consolidando la investigación.

#### 3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación de la presente es correlacional, ya que muestra el grado de relación entre la variable dependiente e independiente; y presenta diseño experimental, debido a que la variable independiente planteada (Porcentaje de escoria de hornos eléctricos) que no existe normalmente en bases y subbases de los pavimentos, se ingresaron de manera adrede a la muestra y fueron manipuladas para medir el efecto que tienen sobre la variable dependiente (Estructura Óptima de un pavimento flexible). Y tiene un enfoque cuantitativo puesto que se recogieron y analizaron datos sobre estas variables buscando resultados a través de la realización de ensayos de laboratorio, para luego aplicar fórmulas y procesar datos.

Representación Gráfica:



Donde:

A y B : Estructura del pavimento flexible sin estímulo.

X1, X2 : Porcentaje de Escoria de Hornos Eléctricos (estímulo).

C y D : Estructura Óptima de un pavimento flexible.

### 3.3. Unidad de análisis

Las capas de base y subbase de la estructura de un pavimento flexible y cada una de sus combinaciones con adición de escoria de hornos eléctricos.

### 3.4. Ubicación

Localidad : Bello Sur

Distrito : Nuevo Chimbote

Provincia : Santa

Región : Ancash

### 3.5. Población y muestra

#### 3.5.1. Población

La población en esta investigación está conformada por las estructuras de pavimentos flexibles en Nuevo Chimbote.

#### 3.5.2. Muestra

La muestra que se ha considerado son las capas de base y subbase de un pavimento flexible en la H.U.P. Bello Sur.

Para determinar las propiedades de los materiales de las capas granulares del pavimento flexible en la H.U.P. Bello Sur y a partir de ello evaluar la optimización de su estructura con la adición de escoria de hornos eléctricos, es que se analizó el

agregado de las Canteras San Pedrito y Cambio Puente, requiriéndose 460 Kg de material bruto por cantera y 150 Kg de escoria de hornos eléctricos.

El material granular fue trasladado desde cada una de las canteras mencionadas al laboratorio de Mecánica de Suelos de la UNS y al Laboratorio GEOMG S.A.C. para la realización de los ensayos indicados por la Norma CE. 010 Pavimentos Urbanos. Y la escoria de hornos eléctricos se obtuvo de la empresa siderúrgica SIDERPERÚ, ubicada en la Ciudad de Chimbote, mediante una solicitud al área de Responsabilidad Social de la empresa.

### **3.6. Variables**

#### ***3.6.1. Variable independiente***

Porcentaje de escoria de hornos eléctricos.

#### ***3.6.2. Variable dependiente***

Estructura óptima de un pavimento flexible.

### 3.6.3. Matriz de consistencia

**Tabla 16**

*Matriz de Consistencia*

Título	Pregunta de Investigación	Objetivos	Hipótesis	Variables
	Pregunta Principal	Objetivo General	Hipótesis General	
Optimización de la Estructura de un Pavimento Flexible Estabilizándolo con Adición de Escoria de Hornos Eléctricos - Nuevo Chimbote 2022	¿En qué medida influye la adición de escoria de hornos eléctricos en las capas base y subbase en la optimización de la estructura de un pavimento flexible- Nuevo Chimbote 2022?	Optimizar la estructura de un pavimento flexible estabilizándolo con adición de escoria de hornos eléctricos en las capas base y subbase- Nuevo Chimbote 2022	La adición de escoria de hornos eléctricos estabilizará y mejorará las propiedades físicas, químicas y mecánicas de las capas base y subbase de un pavimento flexible, lográndose optimizar su estructura - Nuevo Chimbote 2022.	<i>Variable Independiente</i>
	Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	
	¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de los materiales de base y sub base, de un pavimento, que se utilizan en Nuevo Chimbote?	Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales de base y subbase, de un pavimento, que se utilizan en Nuevo Chimbote.	Si determinamos las propiedades físicas y mecánicas de los materiales de las capas base y subbase, podremos optimizarlas con adición de escoria de hornos eléctricos provenientes de la siderurgia SIDERPERU.	Porcentaje de escoria de horno eléctrico
	¿Cuáles son las características de la escoria de hornos eléctricos, proveniente de la siderurgia SIDERPERÚ?	Caracterizar la escoria de hornos eléctricos, proveniente de la siderurgia SIDERPERÚ.	Al caracterizar la escoria de hornos eléctricos, determinaremos si este cumple con los requisitos para ser un material estabilizante para las capas base y subbase de la estructura de un pavimento flexible.	
¿Cuál será la dosificación adecuada de escoria de hornos eléctricos para la estabilización del material de base y subbase de un pavimento flexible?	Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la combinación de material de cantera con escoria, obtenida mediante el “Método gráfico para optimizar granulometrías”.	Al emplear el método gráfico para optimizar granulometrías se determinará la dosificación adecuada para estabilizar las capas base y subbase de un pavimento flexible.	<i>Variable Dependiente</i>	
¿Cuál será el diseño del pavimento, en la H.U.P. Bello Sur en Nuevo Chimbote, en el que se aprecie la optimización de su estructura?	Realizar el diseño de un pavimento flexible, en la H.U.P. Bello Sur en Nuevo Chimbote, sin adición y con adición de escoria siderúrgica para la optimización de su estructura.	Al realizar los diseños del pavimento flexible, sin adición y con adición de escoria siderúrgica se resolverá que su estructura se ha optimizado con la adición de este material.	Estructura óptima de un pavimento flexible	

### 3.6.4. Operacionalización de variables

**Tabla 17**

*Operacionalización de variables*

Variable	Nombre de variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Herramientas	Método
Independiente	Porcentaje de escoria de hornos eléctricos	Es la proporcionalidad de una parte respecto a un total, de un subproducto de la industria del acero formado fundamentalmente por calcio, hierro y silicato de magnesio, que se obtiene por las reacciones químicas que tienen lugar en los procesos de formación de los metales (Boza, 2011).	Serán considerados por antecedentes de investigaciones y corroborados mediante la elaboración de ensayos de laboratorio para determinar sus propiedades físicas.	Distribución del tamaño de las partículas de la escoria de hornos eléctricos y del material granular de las canteras.	Análisis granulométrico	Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos	Método gráfico para optimizar granulometrías
Dependiente	Estructura óptima de un pavimento flexible	Técnicamente es el diseño de un pavimento, en cuanto a número y espesor de capas de su estructura, que se desempeña eficazmente durante su periodo de diseño, cumpliendo de manera adecuada sus parámetros de resistencia y durabilidad, y a nivel económico genera un menor costo (Monsalve, Giraldo & Maya, 2012).	Se determinará cuál es el óptimo diseño de un pavimento flexible, mediante la comparación de los resultados de los ensayos de laboratorio y procesamiento de datos, siguiendo la Metodología AASHTO 93.	Propiedades físicas, químicas y mecánicas de la combinación del material de cantera con adición de escoria.  Diseño del pavimento flexible	Análisis granulométrico Límites de Atterberg CBR Abrasión los ángeles Equivalente de arena Partículas chatas y alargadas Caras fracturadas Sales Solubles  Estructura Valores de entrada Consideraciones de diseño	Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos  Software Excel	Según la Normativa del MTC y NTP  Método AASHTO 93- diseño de pavimentos

### 3.7. Instrumentos

Para la elaboración de esta investigación se realizaron ensayos a los agregados provenientes de las canteras seleccionadas para fines de pavimentación a nivel de base y subbase. Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Escuela de Ingeniería Civil, excepto los Ensayos de CBR, los cuales se llevaron a cabo en el Laboratorio GEOMG S.A.C., siguiendo los pasos estandarizados en el Manual de Ensayos de Materiales 2016, teniendo como referencia a la ASTM y NTP.

Los ensayos realizados son los siguientes:

- “Determinación del Contenido de Humedad” (MTC E 108).
- “Análisis Granulométrico por tamizado” (MTC E 204).
- “Límite líquido” (MTC E 110).
- “Límite plástico e índice de plasticidad” (MTC E 111).
- “Abrasión Los Ángeles” (MTC E 207 / ASTM C- 535).
- “Equivalente de Arena” (MTC E 114).
- “Sales Solubles en agregados para pavimentos flexibles” (MTC E 219 / ASTM D-1888).
- “CBR de laboratorio” (MTC E 132 / ASTM D-1883)
- “Porcentaje de partículas fracturadas” (MTC E 210 / ASTM D 5821).
- “Partículas chatas y alargadas en agregados” (MTC E 223 / ASTM D-4791).

Mientras que para el diseño del pavimento flexible se empleó el *método AASHTO- 1993*.

Estos instrumentos nos permitieron obtener los datos necesarios para alcanzar el logro de los objetivos específicos que se tomaron en cuenta, y así, todos en convergencia ayudaron a llegar al cumplimiento del objetivo general, el cual fue validado mediante la realización de una prueba de hipótesis.



### 3.8. Procedimientos

#### 3.8.1. *Determinar las propiedades físicas y mecánicas del material de base y subbase.*

Se procedió a evaluar las propiedades del material granular de las dos canteras seleccionadas, mediante ensayos de laboratorio, para evaluar el cumplimiento de estos como materiales para la construcción de la subbase y base granular de un pavimento flexible.

A continuación, se describe el procedimiento de cada uno de los ensayos realizados:

##### 3.8.1.1. **Determinación del contenido de humedad (MTC E 108).**

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

- Horno de secado con temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- 1 balanza eléctrica con aproximación de 0,01 g para muestras de menos de 200 g.
- 1 balanza eléctrica con aproximación de 0,1 gr para muestras de más de 200 g.
- Recipientes resistentes a la corrosión.
- Guantes, tenazas, espátula, lona para el cuarteo.

###### **Procedimiento en laboratorio:**

- Se determinaron los pesos de los recipientes a usar.
- Se colocaron las muestras representativas de ensayo en los recipientes y determinamos el peso del contenedor y material húmedo usando la balanza.
- Se colocaron los recipientes con material húmedo en el horno y se dejó secar en el horno a  $110 \pm 5$  °C por 24 horas.
- Transcurridas las 24 h, se removió el recipiente del horno con ayuda de los guantes y se pesó el contenedor más el material secado al horno.

### Cálculos en gabinete:

Se determinó el contenido de humedad por medio de la siguiente fórmula:

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

$$W = \frac{M_{CWS} - M_{CS}}{M_{CS} - M_C} \times 100 = \frac{M_W}{M_S} \times 100$$

Donde:

W = contenido de humedad en %

$M_{CWS}$  = peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos

$M_{CS}$  = peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos

$M_C$  = peso del contenedor, en gramos

$M_W$  = peso del agua, en gramos

$M_S$  = peso de las partículas sólidas, en gramos

### 3.8.1.2. Análisis granulométrico de suelos por tamizado (MTC E 204).

#### Equipos y materiales:

- Juego de tamices de malla cuadrada (2”, 1 ½”, 1”, ¾”, ½”, ⅜”, N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°100, N°200), fondo y tapa.
- 1 balanza eléctrica con sensibilidad de 1% del peso de la muestra.
- 1 balanza eléctrica con sensibilidad de 0.01 gr aprox.
- Recipientes de aluminio.
- 1 brocha.
- Horno eléctrico a temperatura de  $110 \pm 5$  °C.

#### Procedimiento en laboratorio:

- Se inició el proceso con el cuarteo de la muestra del suelo y se tomó una cantidad representativa de aproximadamente 20 kg.
- Se secó la muestra colocándolo al horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C por 24 horas.
- Se pesó la muestra y posteriormente se pasó por el juego de tamices indicados en la norma.
- Luego de haber finalizado con el tamizado se procedió a pesar el material retenido en cada tamiz.

#### **Cálculos en gabinete:**

Se calculó el porcentaje de la muestra que pasa por el tamiz de 0.074 mm (N°200) con la siguiente formula.

$$\% \text{ Pasa } 0.074 = \frac{\text{Peso total} - \text{Peso retenido en el tamiz de } 0.074}{\text{Peso total}} \times 100$$

El porcentaje retenido sobre cada tamiz se calculó:

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

Para calcular el porcentaje más fino

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

#### **3.8.1.3. Determinación del límite líquido de suelos (MTC E 110):**

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

- Recipiente de porcelana.
- Copa Casagrande.
- Acanalador.
- Balanza de 0,01 g de sensibilidad.

- Horno que pueda conservar temperaturas de  $110 \pm 5$  °C.
- Espátula.

**Procedimiento:**

- Se secó la muestra de suelo y seguidamente se pasó por el tamiz N°40.
- En la vasija de porcelana se colocó una porción representativa de la muestra (200 g) y agregamos agua destilada entre 15 a 20 ml formando una pasta.
- Posteriormente se colocó la pasta en la Copa Casagrande alisando la superficie con una espátula a una altura de 10 mm, evitando incorporar burbujas de aire a la mezcla.
- Usando el acanalador se separó la muestra representativa en dos mitades iguales formándose una ranura clara y bien definida.
- Giramos la manivela a una velocidad de 2 golpes por segundo hasta que el surco se cierre en 13 mm de longitud y registramos el número de golpes.
- Como el número de golpes requerido para cerrar la ranura fue siempre menor que 25 golpes, se entiende que el límite líquido no pudo determinarse y se registró como No Plástico.

**3.8.1.4. Determinación del límite Plástico e Índice de Plasticidad (MTC E 111):**

**Equipos y materiales**

- Espátula.
- Recipiente para almacenaje de porcelana.
- Balanza de 0,01 g.
- Horno a temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- Tamiz N°40.
- Agua destilada.

- Vidrio grueso esmerilado.

**Procedimiento en laboratorio:**

- Se tomó aproximadamente 200 g de muestra que pase por el tamiz N°40.
- Se amasó la muestra con agua destilada hasta que pueda formarse una esfera con la masa
- Con ayuda de la mano y sobre una superficie lisa se va adelgazando la muestra formando cilindros de diámetro 3,2 mm.
- El rollito que se pretendía formar se rompía antes de alcanzar 3.2mm, por ende, se indicó en el reporte que el suelo es no plástico, NP.

**3.8.1.5. Abrasión los ángeles (MTC E 207 / ASTM C- 535):**

**Equipos y materiales:**

- Máquina de los Ángeles.
- Tamices (1 ½”, 1”, ¾”, ½”, 3/8”)
- Balanza con exactitud al 0,1% de la carga de ensayo.
- Carga (esferas de acero de 390 g y 445 g).

**Procedimiento en laboratorio:**

- Se inició colocando la muestra de ensayo y carga en la máquina de Los Ángeles y se rotó a una velocidad entre 30 rpm a 33rpm, por 500 revoluciones.
- Luego se sacó el material de la máquina y se procedió a realizar la separación de la muestra sobre el tamiz N°12. La porción del material más fino se tamizó y se lavó el material más grueso.
- Finalmente se secó en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C y se determinó la masa con una aproximación de 1g.

**Cálculos:**

$$\% \text{ desgaste} = \frac{M_{\text{inicial}} - M_{\text{final}}}{M_{\text{final}}} \times 100$$

Donde:

$M_{\text{inicial}}$  = masa inicial

$M_{\text{final}}$  = masa final

### 3.8.1.6. Ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos (MTC E 114):

#### Equipos y materiales

- Un cilindro graduado (probeta).
- Horno capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- Agitador mecánico para equivalente de arena.
- Lata cilíndrica de medición.
- Tamiz N°04.
- Embudo para realizar la transferencia de material dentro de la probeta.
- 2 botellas de 3,8 L.
- Platillo plano.
- Papel filtro.
- Cloruro cálcico Anhidro, 454g (1,00 lb) de grado técnico.
- Glicerina USP, 2050g (1 640 ml).
- Formaldehído, (40 volumen % solución) 47g (45 ml).
- Agua destilada.

#### Procedimiento en laboratorio:

- Se obtuvo una muestra de 1500 g y se pasó por el tamiz N°04.
- Llenamos la probeta graduada con la solución (hasta 10 cm) y con ayuda de un embudo se vació la muestra.

- Se dejó reposar por 10 min, y transcurrido el tiempo aplicamos una agitación de 90 ciclos durante 30 segundos.
- Posteriormente llenamos completamente la probeta con la solución.
- Se hizo presión con el pistón para que los finos queden en la superficie y transcurrido los 20 min se procedió a realizar la lectura.

#### **3.8.1.7. Compactación de suelos utilizando una energía modificada - Proctor modificado (MTC E 115 / ASTM D-1557):**

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

- Balanza para una aproximación de 1g.
- Horno de secado con temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- Equipo de Proctor de 6” (molde cilíndrico, placa base y anillo de extensión)
- 1 pisón manual.
- Tamices de 3/4”, 3/8”, N°4.
- Cucharas, bandejas, espátulas.
- 1 regla metálica.

##### **Procedimiento en laboratorio:**

- Se seleccionó el método a usar, en este caso se empleó el método C de acuerdo a la granulometría del material.
- Como primer paso a seguir, humedecemos la muestra con agua, hasta que quede todo su volumen bien húmedo.
- Con el molde debidamente ensamblado con la placa base determinamos su peso mediante una balanza.
- Colocamos el collar extensión y añadimos la muestra.

- Formamos una primera capa de la muestra, que compactaremos al dejar caer un pisón de 4,54 kg con 56 golpes. Este proceso se repitió con un total de 5 capas.
- Posteriormente retiramos el suelo excedente que queda en el collar de extensión.
- Pesamos la muestra compactada
- Seguidamente extraemos de la parte superior e inferior del molde, dos muestras representativas del suelo compactado y lo colocamos en el horno para determinar su contenido de humedad.
- Se repite el procedimiento agregando agua en intervalos alrededor de 2% para definir exactamente la curva de compactación.

### Cálculos:

El cálculo para el peso unitario seco se realizó a través de las siguientes formulas:

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

Donde:

$\rho_m$  = Densidad Húmeda del espécimen compactado (Mg/m<sup>3</sup>)

$M_t$  = Masa del espécimen húmedo y molde (kg)

$M_{md}$  = Masa del molde de compactación (kg)

$V$  = Volumen del molde de compactación (m<sup>3</sup>)

$$\rho_d = 1000 \times \frac{(\rho_m)}{1 + \frac{w}{100}}$$

$\rho_d$  = Densidad seca del espécimen compactado (Mg/m<sup>3</sup>)

$w$  = contenido de agua (%)

Para calcular el peso unitario seco del espécimen compactado:

$$Y_d = 62.43 \rho_d \text{ en lbf/pe}^3$$

$$Y_d = 9,807 \rho_d \text{ en kn/m}^3$$



Cálculo de los puntos para la curva de 100% de saturación:

$$W_{\text{sat}} = \frac{(Y_w)(G_s) - y_d}{(y_d)(G_s)} \times 100$$

$W_{\text{sat}}$  = Contenido de agua para una saturación completa (%).

$y_w$  = Peso unitario del agua 9,807kN/m<sup>3</sup> o (62,43 lbf/ pie<sup>3</sup>).

$y_d$  = Peso unitario seco del suelo.

$G_s$  = Gravedad específica del suelo.

### 3.8.1.8. CBR de suelos - laboratorio (MTC E 132 / ASTM D-1883):

#### Equipos y materiales:

- Equipo para ensayo de CBR que consiste en 3 moldes cilíndricos con placa de base y collar de extensión, 3 placas de expansión, 3 discos espaciadores, 3 sobrecargas y 3 trípodes.
- Pisón de compactación.
- Horno capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- Balanza de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g.
- Probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde.
- Bandejas.
- Probeta de 1000 ml.
- Tamices (N°4, 3/4", 2").

#### Procedimiento en laboratorio:

- Se preparó la muestra añadiendo agua para su óptimo contenido de humedad, el mismo que fue determinado según el ensayo de Proctor Modificado.
- Se pesó el molde con su base y seguidamente se colocó el collar y el disco espaciador.

- Se colocó el papel filtro para evitar que el suelo tape futuros ensayos.
- Una vez realizado esto, se puso la muestra en 3 moldes de CBR
- En cada molde se compactó en 5 capas y se compactó a diferentes golpes por capa, que fueron de 12, 26 y 55 golpes.
- Luego de haber finalizado la compactación se retiró el collar de extensión y enrasamos la superficie compactada, seguidamente registramos el peso del molde más base y muestra.
- Colocamos sobre la superficie de la muestra compactada, la placa perforada y sobre estos dos pesos, una circular y un anular.
- Posteriormente se colocó el trípode con el dial encima del molde y se realizó una lectura antes de sumergir el molde en agua por un periodo de 4 días.
- Pasado el tiempo establecido se retiraron los moldes del agua y se dejaron escurrir por 15 minutos.
- Registramos el peso de la muestra y el molde después de saturar.
- Posteriormente se vuelve a colocar las sobrecargas anular y circular, se llevó la muestra al dispositivo de carga y se introduce el pistón de penetración.
- Iniciamos aplicando carga con una velocidad de 0,05” por minuto, y ponemos ambos diales de penetración y de carga en 0.
- Luego se procedió a realizar las lecturas de carga cuando la penetración este en 0.025”, 0.050”, 0.075”, 0.1”, 0.125”, 0.150”, 0.2”, 0.3”, 0.4”.
- Finalmente desmoldamos el molde y se tomó de su parte superior en la zona próxima donde se hizo la penetración dos muestras para determinar el contenido de humedad.

### **Cálculos:**

Para hallar la humedad de compactación, se calcula de la siguiente manera:

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

Donde:

H = Humedad prefijada

H = Humedad natural

Para calcular la expansión:

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L2-L1}{127} \times 100$$

L1 = Lectura inicial en mm

L2 = Lectura final en mm

Para hallar el índice CBR se procedió a dibujar una curva que vincule las presiones y las penetraciones.

#### **3.8.1.9. Ensayo estándar para la determinación del porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso (MTC E 210 / ASTM D- 5821):**

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

- Balanza para una aproximación al menos al 0,1 g del peso de la muestra.
- Tamices conforme a la especificación ASTM E 11.
- Separados o cuarteador.
- Espátula.

##### **Procedimiento:**

- Se tamizó la muestra y se separó la muestra comprendida entre los tamices 1 ½” y 3/8”
- Posteriormente se lavó la muestra y se secó retirando todo material fino.

- Extendimos la muestra sobre una superficie plana, y procedimos a verificar que partículas tengan al menos dos caras fracturadas con ayuda de la espátula.
- Determinamos la masa de las partículas en la categoría de partícula fracturada y en partículas que no reúnan el criterio de fractura especificado.

**Cálculos:**

$$P = \frac{F}{F+N} \times 100$$

Donde:

P= Porcentaje de partículas con el número especificado de caras fracturadas

F= Masa o cantidad de partículas fracturadas con al menos el número especificado de caras fracturadas

N= Masa o cantidad de partículas en la categoría de no fracturadas o que no entran en el criterio de partícula fracturada

**3.8.1.10. Partículas chatas y alargadas en agregados (MTC E 223 ASTM D-4791):**

**Equipos y materiales:**

- Tamices (1/4”, 3/8”, 1/2”, 3/4”, 1”, 1 1/2”, 2” y 2 1/2”).
- Balanza analítica, con sensibilidad de 0,01 g.
- Horno a temperatura 110 ± 5 °C.
- Calibradores metálicos.

**Procedimiento:**

- Se obtuvo una muestra del material a través del cuarteo.
- Se determinó el peso y se secó la muestra en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C.

- Tamizamos la muestra, y eliminamos el material retenido en el tamiz 2 1/2” y lo que pasa por el tamiz 1/4”, hasta obtener aproximadamente 100 partículas.
- Finalmente se clasificó cada partícula en uno de los 3 grupos: chatas, alargadas y ni chatas ni alargadas, mediante el calibrador de grosores y finalmente se pesó la cantidad que pasa por cada ranura.

#### **3.8.1.11. Sales solubles en agregados (MTC E 219 / ASTM D 1888):**

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

- Balanza analítica, con sensibilidad de 0,01 g.
- Horno capaz de mantener una temperatura de  $105 \pm 5$  °C.
- Plancha de calentamiento.
- Mecheros.
- Matraces aforados.
- Vasos de precipitado.
- Pipetas.
- Tubos de ensayo.
- Agua destilada.
- Solución de Nitrato de Plata.
- Solución de Cloruro de Bario.

##### **Procedimiento:**

- Se secó la muestra en el horno y se registró el dato de la masa.
- Se colocó la muestra en un vaso precipitado y posteriormente se añadió agua destilada hasta cubrir unos 3 cm por encima de la muestra.
- Se agita durante 1 min y se repitió el proceso hasta completar cuatro agitaciones en un intervalo de 10 min.

- Se dejó reposar como mínimo 10 min hasta que el líquido se tornó visualmente transparente, es decir la muestra se comenzó a sedimentar.
- Se determinó en forma separada en dos tubos de ensayo, las sales solubles con los respectivos reactivos químicos. Se procedió con la ebullición y así se pudo observar la presencia de cloruros (estos se detectaron añadiendo unas gotas de nitrato de plata, formándose un precipitado blanco de cloruro de plata) y la de sulfatos (añadiendo unas gotas de cloruro de bario, dando un precipitado blanco de sulfato de bario.)
- Se repitió los pasos hasta que no se observe presencia de sales.
- Se dejó enfriar y se vació los líquidos sobrantes a un matraz aforado.
- Se tomó una alícuota de un volumen entre 50 y 100 ml y se registró el volumen
- Posteriormente se cristalizó la alícuota en un horno a  $100 \pm 5$  °C, y se registró la masa nuevamente.

### ***3.8.2. Caracterizar la escoria de hornos eléctricos, proveniente de la siderurgia SIDERPERÚ.***

Se procedió a evaluar las propiedades físicas de la escoria procedente de la Siderurgia SiderPerú, mediante ensayos de laboratorio.

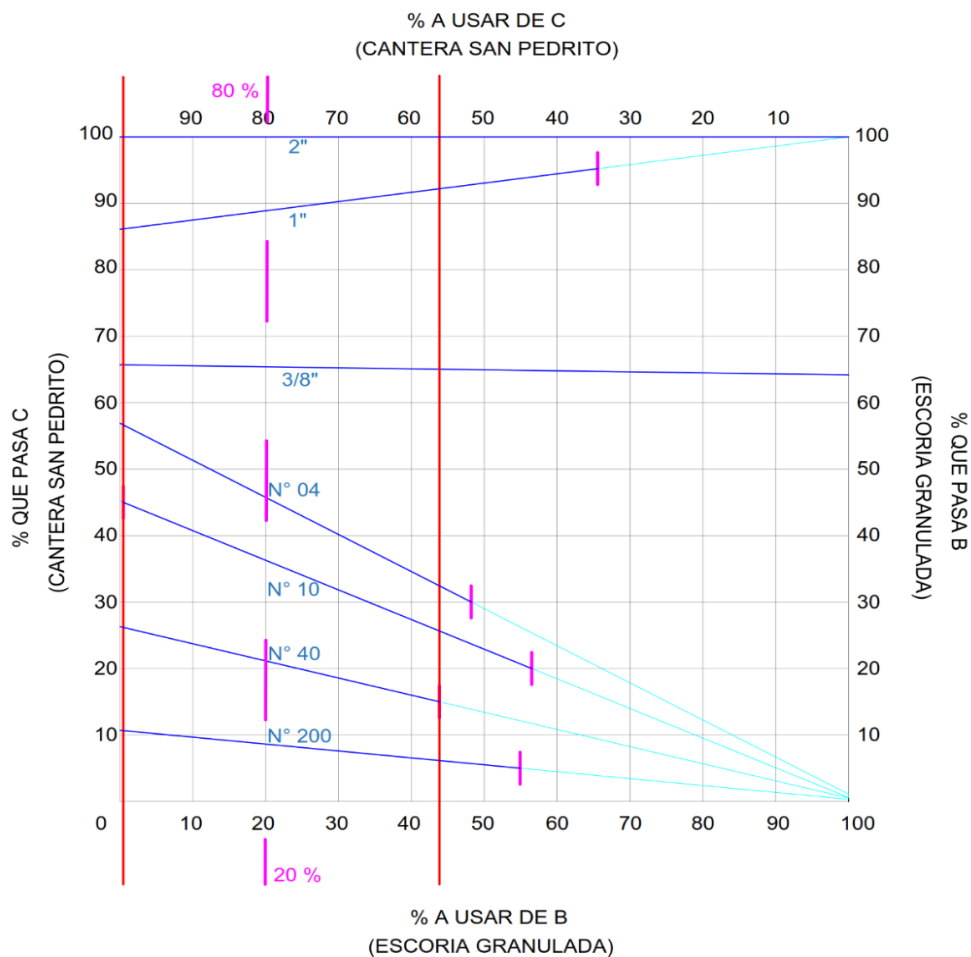
Los procedimientos de cada uno de los ensayos realizados para este objetivo están descritos en los ítems *3.8.1.2. Análisis Granulométrico*, *3.8.1.3. Límite Líquido* y *3.8.1.4. Límite Plástico e Índice Plástico*.

3.8.3. *Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la combinación de material granular de cantera con escoria, obtenida mediante el “Método gráfico para optimizar granulometrías”.*

Como primer paso, se obtuvieron los porcentajes adecuados de Escoria de HAE más el porcentaje de material de la Cantera San Pedrito, y el porcentaje de Escoria de HAE más el porcentaje de material de la Cantera Cambio Puente, que permitan lograr una granulometría óptima, empleando el “Método gráfico para optimizar granulometrías”, para el cual se requirió un ábaco como el que se muestra en la Figura 8 y se siguieron los pasos especificados en el ítem 2.2.7.

**Figura 8**

*Ábaco de optimización de granulometrías de Cantera San Pedrito con Escoria (EHAE)*

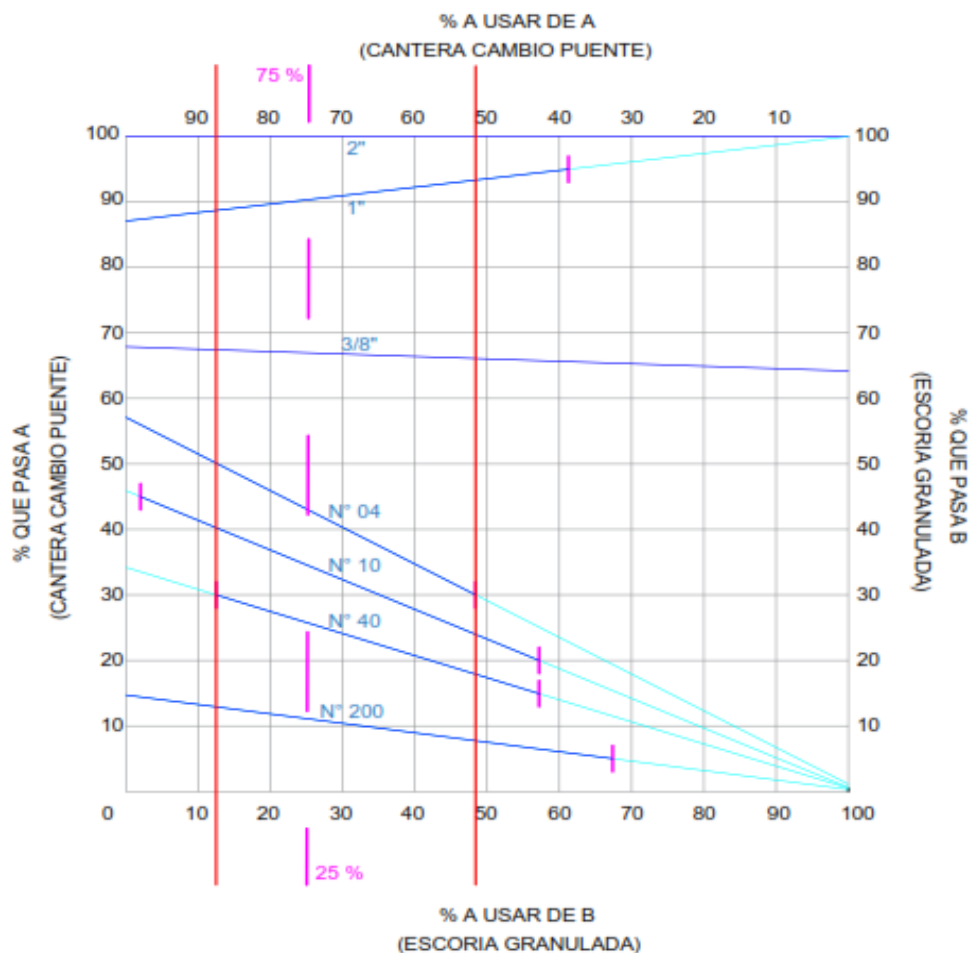


En la Figura 8, se puede apreciar el ábaco del método gráfico para optimizar granulometrías, empleado para la combinación de la Cantera San Pedrito (C) y Escoria Granulada (B), del cual resulta que los valores limitados por las líneas de color rojo son los adecuados para considerarse una granulometría aceptable. En esta investigación, resulta conveniente considerar el 80% de material granular de cantera y el 20% de escoria para obtener una óptima granulometría de la combinación de ambos materiales.

Seguidamente, se empleó el mismo método, para combinar la EHAE con el material de la Cantera Cambio Puente, tal como se muestra en la Figura 9.

**Figura 9**

*Ábaco de optimización de granulometrías de Cantera Cambio Puente con Escoria (EHAE)*





En la Figura 9, se puede apreciar la combinación de la Cantera Cambio Puente (A) y Escoria Granulada (B), mediante el Método Gráfico. Para esta combinación resultó conveniente considerar el 75% de material granular de cantera y el 25% de escoria para obtener una óptima granulometría de la mezcla de ambos materiales.

Con los porcentajes óptimos para cada una de las combinaciones (Cantera San Pedrito + Escoria, y Cantera Cambio Puente + Escoria) se prosiguió a realizar los ensayos de mecánica de suelos en laboratorio para determinar sus propiedades físicas y mecánicas. Los procedimientos de dichos ensayos están especificados en el ítem 3.8.1.

**3.8.4. Realizar el diseño de un pavimento flexible, en la H.U.P. Bello Sur en Nuevo Chimbote, sin adición y con adición de escoria siderúrgica para la optimización de su estructura.**

El diseño del pavimento, del tipo flexible, se realizó empleando plantillas Excel basado en el método AASHTO-1993.

Para la elaboración de esta plantilla, se necesitaron los siguientes datos:

- Numero de ejes equivalentes total (W18)
- Factor de confiabilidad (R)
- Desviación estándar normal (Zr)
- Error estándar combinado de la predicción del tránsito (So)
- Serviciabilidad inicial (pi)
- Serviciabilidad final (pt)
- Diferencia de serviciabilidad (psi=pi-pt)
- Periodo de diseño (años)

- CBR de la subrasante (%)
- CBR de la subbase granular (%)
- CBR de la base granular (%)
- Módulo de resiliencia de la subrasante (Mr)
- Módulo de resiliencia de la subbase granular (Mr)
- Módulo de resiliencia de la base granular (Mr)
- Módulo de resiliencia del Concreto asfáltico (Mr)

Estos datos, son obtenidos a partir de tablas y fórmulas dadas por el Método AASHTO- 1993 señaladas en el ítem 2.2.8.1.

Para obtener los valores del Mr y ( $a_1$ ,  $a_2$  y  $a_3$ ) de la carpeta asfáltica, base y subbase, se emplearon los ábacos de las Figuras 5, 6 y 7.



# **CAPÍTULO IV:** **Resultados y discusión**

## IV. Resultados y discusión

### 4.1. Análisis e interpretación de resultados

#### 4.1.1. Determinar las propiedades físicas y mecánicas del material de base y subbase.

##### 4.1.1.1. Contenido de humedad

**Tabla 18**

*Contenido de humedad de las canteras*

Descripción	Cantera	
	San Pedrito	Cambio Puente
Contenido de Humedad (%)	2.7	3.1

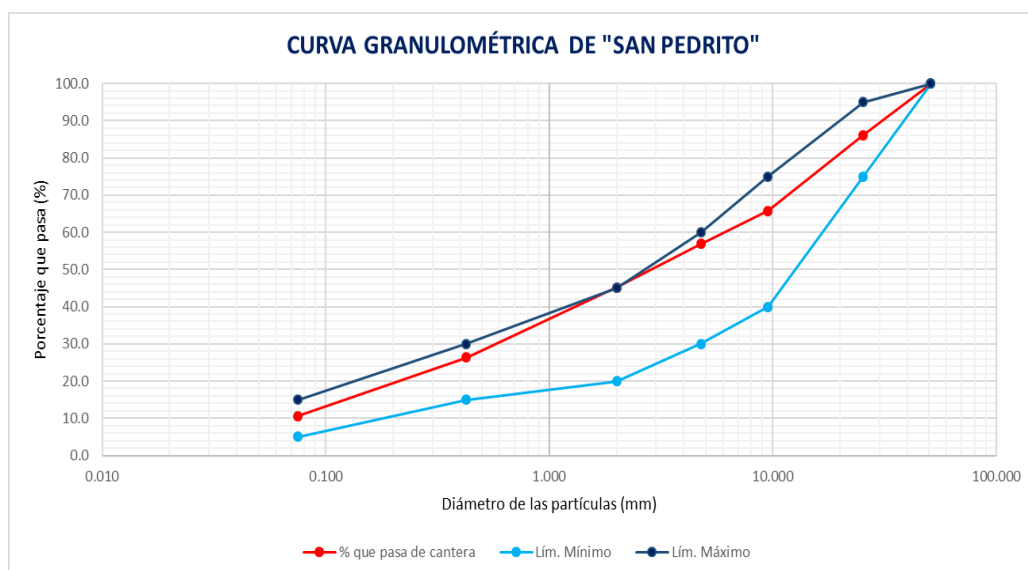
Tal como se muestra en la Tabla 18, Contenido de humedad de las canteras, los resultados indican que la Cantera Cambio Puente presenta mayor humedad que el material proveniente de la Cantera San Pedrito.

##### 4.1.1.2. Características granulométricas y plásticas

#### Granulometría de las Canteras

**Figura 10**

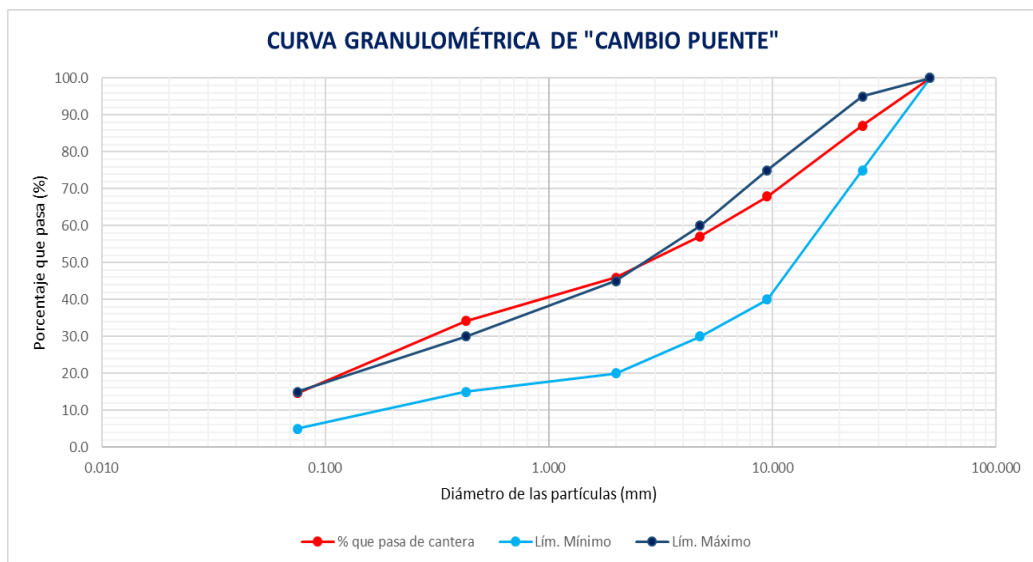
*Curva granulométrica de la Cantera San Pedrito*



La curva granulométrica de la Cantera San Pedrito, mostrada en la Figura 10, se encuentra ligeramente fuera de los requerimientos de la Gradación considerada (Gradación B), para el tamiz N° 10 (2.0 mm), donde el porcentaje pasante de material es de 45.2 %, mientras que se debería estar entre el rango 20-45.

**Figura 11**

*Curva granulométrica de la Cantera Cambio Puente*



La curva granulométrica de la Cantera Cambio Puente, mostrada en la Figura 11, se encuentra fuera de los requerimientos de la Gradación considerada (Gradación B), para el tamiz N° 10 (2.0 mm), donde el porcentaje pasante de material es de 45.9 %, mientras que se debería estar entre el rango 20-45, y para el tamiz N° 40 (0.425 mm), donde el porcentaje pasante de material es de 34.2 %, mientras que se debería estar entre el rango 15-30. Además, que el porcentaje de finos de esta Cantera se encuentra cerca al límite superior con un 14.7%.

Por otro lado, también se determinaron las características plásticas de cada una de las canteras en estudio, las cuales están plasmadas en la Tabla 19.

**Tabla 19**

*Características plásticas de las canteras*

Cantera	Límites de Atterberg	Porcentaje
San Pedrito	Límite Líquido	N. P
	Límite Plástico	N. P
	Índice de Plasticidad	N. P
Cambio Puente	Límite Líquido	N. P
	Límite Plástico	N. P
	Índice de Plasticidad	N. P

En la Tabla 19 se puede apreciar que ninguna de las Canteras presenta Límite Líquido ni Límite Plástico, por ende, no existe presencia de arcillas.

#### 4.1.1.3. Clasificación del material granular de las canteras

De acuerdo a los resultados obtenidos del ensayo de Análisis Granulométrico y Límites de Atterberg, se puede clasificar el suelo de las canteras tal como se muestra en la Tabla 20.

**Tabla 20**

*Clasificación de material granular de las canteras*

Cantera	Clasificación			
	SUCS		AASHTO	
	Grupo	Características	Grupo	Características
San Pedrito	SW-SM	Arena bien graduada	A-1-a	Fragmentos pétreos
		con partículas de limo	(0)	de gravas y arenas
Cambio Puente	SM	Arena limosa	A-1-b (0)	Fragmentos pétreos de gravas y arenas

De la Tabla 20 se puede deducir que la Cantera San Pedrito, según la clasificación SUCS y AASHTO presenta mejores características granulométricas que la Cantera Cambio Puente.

#### 4.1.1.4. Resistencia a la degradación de los agregados (Abrasión los Ángeles)

**Tabla 21**

*Resistencia a la Abrasión de los Agregados de las Canteras*

Descripción	Cantera	
	San Pedrito	Cambio Puente
Desgaste (%)	15.77	23.22

De la Tabla 21 se puede deducir que el agregado de la Cantera Cambio Puente tiene mayor porcentaje de desgaste que la Cantera San Pedrito, por lo cual esta última es más resistente a la abrasión.

#### 4.1.1.5. Ensayo de equivalente de arena

**Tabla 22**

*Equivalente de Arena de las Canteras*

Descripción	Cantera	
	San Pedrito	Cambio Puente
Equivalente de arena (%)	31.00	22.00

De la Tabla 22 se puede deducir que el agregado de la Cantera San Pedrito es más limpio que el de la Cantera Cambio Puente.

#### 4.1.1.6. Proctor modificado

**Tabla 23**

*Proctor Modificado de las Canteras*

Cantera	Descripción	
	San Pedrito	Cambio Puente
Densidad Máxima (g/cm <sup>3</sup> )	2.319	2.255
Óptimo Contenido de Humedad (%)	6.9	6.7

De la Tabla 23, se puede deducir que el material de la Cantera San Pedrito requiere ligeramente más agua que el material de la Cantera Cambio Puente para ser compactado.

#### 4.1.1.7. CBR de suelos (Laboratorio)

Con el material granular preparado bajo determinadas condiciones de humedad y densidad, obtenidas previamente con el Ensayo de Proctor Modificado, se realizó el Ensayo de CBR. Estos resultados de ambas canteras se muestran en la Tabla 24.

**Tabla 24**

*CBR de las Canteras*

Descripción	Cantera	
	San Pedrito	Cambio Puente
CBR al 100% de la MDS y 0.1” de penetración (%)	109.75	68.28

De la Tabla 24 se puede apreciar que el material de la Cantera San Pedrito presenta ampliamente mayor capacidad de soporte CBR que la Cantera Cambio Puente.



#### 4.1.1.8. Partículas fracturadas en el agregado grueso

**Tabla 25**

*Partículas fracturadas de las Canteras*

Descripción	Cantera	
	San Pedrito	Cambio Puente
Con una cara fracturada (%)	99.9	99.7
Con dos caras fracturadas (%)	90.3	97.6

De la Tabla 25 y con lo estipulado por la Normativa, se puede deducir que el porcentaje de caras fracturadas de ambas canteras son cercanos y cumplen ampliamente con los requerimientos mínimos de la Norma.

#### 4.1.1.9. Partículas chatas y alargadas en agregados

**Tabla 26**

*Partículas Chatas y Alargadas de las Canteras*

Descripción	Cantera	
	San Pedrito	Cambio Puente
Partículas chatas y alargadas (%)	48.61	50.21

De la Tabla 26 y con lo estipulado por la Normativa, se deduce que el material de ninguna de las canteras cumple con lo requerido, ya que el porcentaje máximo de partículas chatas y alargadas en los agregados es del 10%.

#### 4.1.1.10. Sales Solubles en los Agregados

El contenido de sulfatos y cloruros, solubles en agua, de los agregados de las canteras están plasmados en porcentajes en la Tabla 27.

**Tabla 27**

*Contenido de Sales Solubles de las Canteras*

Descripción	Cantera	
	San Pedrito	Cambio Puente
Sales Solubles en Agregado Fino (%)	0.486	0.483
Sales Solubles en Agregado Grueso (%)	0.050	0.058

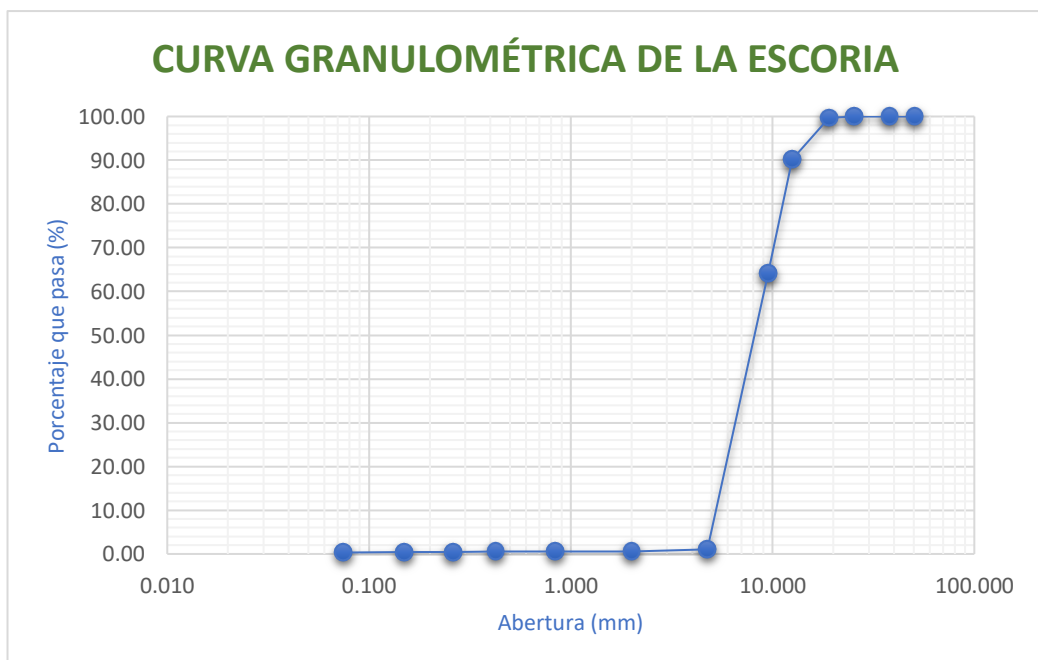
De la Tabla 27 y con lo estipulado por la Normativa, se deduce que el material de la Cantera San Pedrito cumple con lo requerido, mientras que el material de Cambio Puente no cumple ligeramente en su agregado grueso, ya que el porcentaje máximo de sales solubles es de 0.5%.

**4.1.2. Caracterizar la escoria de hornos eléctricos, proveniente de SIDERPERÚ.**

**4.1.2.1. Características granulométricas y plásticas**

**Figura 12**

*Curva granulométrica de la escoria (EHAE)*



En la Figura 12 se puede apreciar que la escoria de HAE, proveniente de SiderPerú, está compuesta en su mayoría por partículas entre 4.75 y 75 mm, específicamente en un 98.9%, y no contiene porcentajes representativos de partículas entre 0.005 mm y 4.75 mm.

**Tabla 28**

*Características plásticas de la escoria de horno eléctrico*

Material	Límites de Atterberg	Porcentaje
Escoria de hornos eléctricos	Límite Líquido	N.P.
	Límite Plástico	N.P.
	Índice de Plasticidad	N.P.

En la Tabla 28, se aprecia que la Escoria de Horno Eléctrico (EHAE) no presenta límite líquido ni plástico, y por tanto no tiene presencia de arcillas.

#### 4.1.2.2. Características químicas

La escoria empleada en la presente investigación fue proveniente de la empresa siderúrgica SiderPerú, la cual es un subproducto generado principalmente por la fusión, en el horno de arco eléctrico, de chatarra, cal cálcica, carbón y ferroaleaciones. En la Tabla 29 se muestran los componentes químicos de la escoria de horno eléctrico.

**Tabla 29**

*Análisis químico de la escoria de horno eléctrico de SiderPerú*

Parámetro	Unidades	Límite de Cuantificación	Muestra 1	Muestra 2
B	%	-	0.02	0.03
Al	%	-	1.55	1.31
P	%	-	0.13	0.09

Parámetro	Unidades	Límite de Cuantificación	Muestra 1	Muestra 2
Ti	%	-	0.24	0.17
V	%	-	0.09	0.04
Cr	%	-	0.15	0.12
Mn	%	-	2.25	1.28
Cu	%	-	0.02	0.02
Zn	%	-	0.03	0.03
Sr	%	-	0.03	0.02
Mo	%	-	14.84	41.29
Ba	%	-	0.07	0.05
Na	%	-	0.19	0.25
Mg	%	-	4.65	2.2
K	%	-	0.12	0.18
Ca	%	-	19.08	9.21
Fe	%	-	18.05	25.02
Li	mg/kg	0.12	16.67	13.58
Be	mg/kg	0.06	0.83	0.58
Co	mg/kg	0.02	6.18	25.94
Ni	mg/kg	0.04	44.05	246.58
As	mg/kg	0.04	8.86	57.85
Se	mg/kg	0.02	0.02	0.9
Ag	mg/kg	0.02	1.54	8.44
Cd	mg/kg	0.02	0.54	3.9
Sn	mg/kg	0.04	62.53	500
Sb	mg/kg	0.02	0.57	11.14
Ce	mg/kg	0.03	26.05	29.68
W	mg/kg	0.5	95.3	31.15
Tl	mg/kg	0.03	0.03	0.15
Pb	mg/kg	0.02	148.25	2200
Bi	mg/kg	0.03	0.03	0.15
Th	mg/kg	0.1	3.9	4.67
U	mg/kg	0.03	1.94	1.74

Parámetro	Unidades	Límite de Cuantificación	Muestra	Muestra
			1	2
Hg	mg/kg	0.01	2.66	2.54

*Nota. De Empresa Inspectorate- Bureau Beritas, 2009.*

Producto de la oxidación de impurezas, la adición de cal, la introducción al horno de residuos de las materias primas, residuos de material refractario, etc.; resulta que las escorias de horno eléctrico contienen principalmente CaO, FeO, MgO y SiO<sub>2</sub>, tal como se muestra en la Tabla 29.

**4.1.3. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la combinación de material granular de cantera con escoria, obtenida mediante el “Método gráfico para optimizar granulometrías”.**

#### **4.1.3.1. Combinación de Material Granular de Cantera y EHAE**

De acuerdo al procedimiento realizado en el ítem 3.8.3, se obtuvieron los porcentajes adecuados de combinación de Escoria de HAE más el porcentaje de material de cada una de las canteras, por separado, tal como se muestra en la Tabla 30.

**Tabla 30**

*Combinación Óptima del Material de Cantera + EHAE*

Descripción	Cantera	
	San Pedrito	Cambio Puente
Porcentaje de EHAE (%)	20	25
Porcentaje de Material de Cantera (%)	80	75

De los resultados de la Tabla 30, se puede deducir que el Material de la Cantera Cambio Puente requiere mayor porcentaje de adición de EHAE, debido a las características granulométricas de las canteras, que son los datos que se emplean en el Método Gráfico.

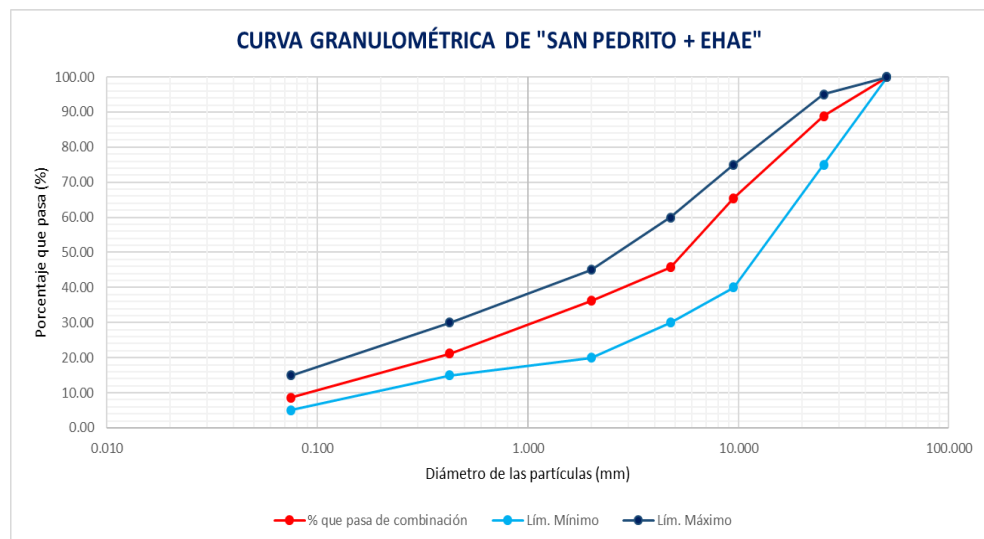
#### 4.1.3.2. Propiedades físicas y mecánicas de la combinación de material granular de cantera con EHAE

##### 4.1.3.2.1. Características granulométricas y plásticas

##### Granulometría de las Combinaciones

Figura 13

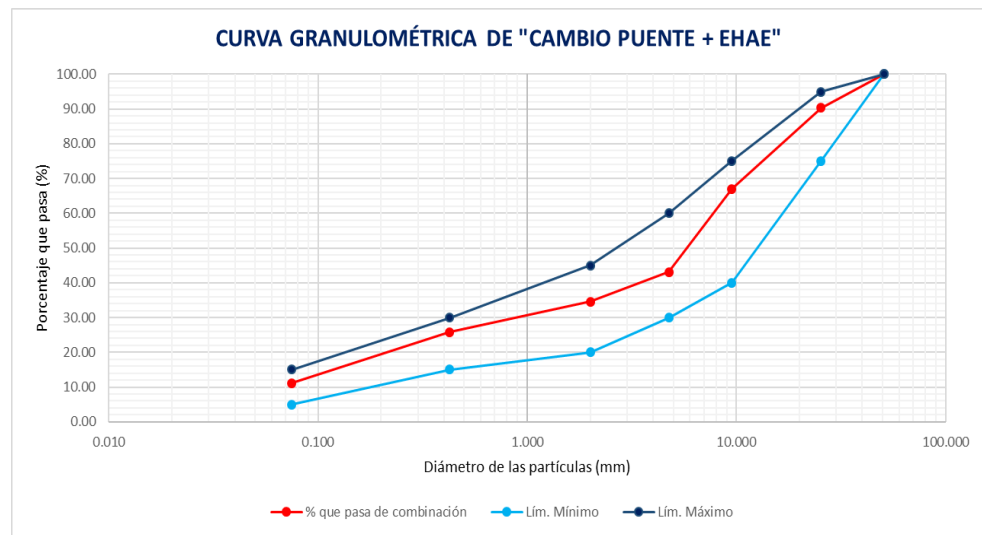
Curva granulométrica de la Cantera San Pedrito + EHAE



La curva granulométrica de la Combinación 80% Material de Cantera San Pedrito + 20% EHAE, mostrada en la Figura 13, se encuentra dentro de los requerimientos de la Gradación considerada (Gradación B), establecida en la Normativa.

**Figura 14**

*Curva granulométrica de la Cantera Cambio Puente + EHAE*



La curva granulométrica de la Combinación 75% Material de Cantera Cambio Puente + 25% EHAE, mostrada en la Figura 14, también se encuentra dentro de los requerimientos de la Gradación considerada (Gradación B), establecida en la Normativa.

**Tabla 31**

*Características Plásticas de las Combinaciones de Cantera + EHAE*

Material	Límites de Atterberg	Porcentaje
San Pedrito + EHAE	Límite Líquido	N. P
	Límite Plástico	N. P
	Índice de Plasticidad	N. P
Cambio Puente + EHAE	Límite Líquido	N. P
	Límite Plástico	N. P
	Índice de Plasticidad	N. P

En la Tabla 31, se aprecia que ninguna de las combinaciones de material de cantera + EHAE presenta Límite Líquido ni Plástico, por ende, no tienen presencia de arcillas.

#### 4.1.3.3. Clasificación del Material Granular de las Combinaciones

**Tabla 32**

*Clasificación de las Combinaciones de Material de Cantera + EHAE*

Material	Clasificación			
	SUCS		AASHTO	
	Grupo	Características	Grupo	Características
		Grava bien		
San Pedrito + EHAE	GW-	graduada, mezclas	A-1-a	Fragmentos pétreos de gravas y arenas.
	GM	gravosas, arena y limo.	(0)	
		Grava mal		
Cambio Puente + EHAE	GP-	graduada, mezclas	A-1-a	Fragmentos pétreos de gravas y arenas.
	GM	grava-arena, limo.	(0)	

La Tabla 32 muestra que ambas combinaciones, según la clasificación SUCS y AASHTO presentan características similares y mejores que antes de ser combinadas con escoria.

#### 4.1.3.4. Resistencia a la degradación de los agregados (Abrasión los Ángeles)

**Tabla 33**

*Resistencia a la Abrasión de los Agregados de las Combinaciones de las Canteras + EHAE*

Descripción	Material	
	San Pedrito + EHAE	Cambio Puente + EHAE
Desgaste (%)	17.39	21.40



De la Tabla 33 se puede deducir que el material de la Combinación de la Cantera San Pedrito + EHAE presenta mayor resistente a la abrasión que el material de la Combinación Cantera Cambio Puente + EHAE.

#### 4.1.3.5. Ensayo de equivalente de arena

**Tabla 34**

*Equivalente de Arena de las Combinaciones de Cantera + EHAE*

<b>Descripción</b>	<b>Material</b>	
	San Pedrito + EHAE	Cambio Puente + EHAE
Equivalente de arena (%)	40.00	33.00

De la Tabla 34 se puede deducir que el material de la Combinación de la Cantera San Pedrito + EHAE es más limpio que el material de la Combinación Cantera Cambio Puente + EHAE.

#### 4.1.3.6. Proctor modificado

**Tabla 35**

*Proctor Modificado de las Combinaciones de Cantera + EHAE*

Material	Ensayo	Descripción	
		Densidad máxima (g/cm <sup>3</sup> )	Óptimo Contenido de Humedad (%)
San Pedrito + EHAE	M 1	2.386	6.4
	M 2	2.384	6.5
	M 3	2.386	6.4
	M 4	2.379	6.6
	M 5	2.385	6.4
	M 6	2.383	6.5
Cambio Puente + EHAE	M 1	2.375	6.1
	M 2	2.368	6.2
	M 3	2.374	6.2
	M 4	2.373	6.1
	M 5	2.381	6.2
	M 6	2.370	6.2

De la Tabla 35, se puede deducir que el material de la Combinación Cantera San Pedrito + EHAE, requiere ligeramente más agua que el material de la Combinación Cantera Cambio Puente + EHAE para ser compactado.

#### 4.1.3.7. CBR de suelos (Laboratorio)

Con el material preparado bajo determinadas condiciones de humedad y densidad obtenidas previamente con el Ensayo de Proctor Modificado. Los resultados de CBR de ambas combinaciones se muestran en la Tabla 36.

**Tabla 36**

*CBR de las Combinaciones de Cantera + EHAE*

Material	Ensayo	Descripción
		CBR al 100% de la MDS y 0.1” de penetración (%)
San Pedrito + EHAE	M 1	122.67
	M 2	120.93
	M 3	124.33
	M 4	127.10
	M 5	125.18
	M 6	128.52
Cambio Puente + EHAE	M 1	88.32
	M 2	83.69
	M 3	85.23
	M 4	82.56
	M 5	86.20
	M 6	81.28

De la Tabla 36 se puede apreciar que el material de la Combinación Cantera San Pedrito + EHAE, presenta mayor capacidad de soporte CBR que la Combinación Cantera Cambio Puente + EHAE.

#### 4.1.3.8. Partículas fracturadas en el agregado grueso

**Tabla 37**

*Caras Fracturadas de las Combinaciones de Cantera + EHAE*

Descripción	Material	
	San Pedrito + EHAE	Cambio Puente + EHAE
Con una cara fracturada (%)	88.5	84.1
Con dos caras fracturadas (%)	79.3	82.2

De la Tabla 37 y con lo estipulado por la Normativa, se puede deducir que el porcentaje de caras fracturadas de ambas combinaciones son cercanos y cumplen con los requerimientos mínimos de la Norma.

#### 4.1.3.9. Partículas chatas y alargadas en agregados

**Tabla 38**

*Partículas Chatas y Alargadas de las Combinaciones de Cantera + EHAE*

Descripción	Material	
	San Pedrito + EHAE	Cambio Puente + EHAE
Partículas chatas y alargadas (%)	38.88	37.66

De la Tabla 38 y con lo estipulado por la Normativa, se deduce que el material de ninguna de las combinaciones sigue sin cumplir con lo requerido, ya que el porcentaje máximo de partículas chatas y alargadas en los agregados es del 10%.

#### 4.1.3.10. Contenido de Sales solubles

El contenido de cloruros y sulfatos, solubles en agua, de las combinaciones de cantera + escoria (EHAE), están plasmados en la Tabla 39.

**Tabla 39**

*Contenido de Sales Solubles de las Combinaciones de Cantera + EHAE*

Descripción	Cantera	
	San Pedrito + EHAE	Cambio Puente + EHAE
Sales Solubles en A. Fino (%)	0.489	0.487
Sales Solubles en A. Grueso (%)	0.048	0.056

De la Tabla 39 y con lo estipulado por la Normativa, se deduce que el material de la Combinación Cantera San Pedrito + EHAE cumple con lo requerido, mientras que el material de Combinación Cantera Cambio Puente + EHAE, sigue sin cumplir ligeramente en agregado grueso, ya que el porcentaje máximo de sales solubles es de 0.5%.

Luego de determinan las propiedades físicas, mecánicas y químicas, mediante ensayos, del material granular de cantera (San Pedrito y Cambio Puente), de manera individual, y del material de las combinaciones, material granular de cantera con escoria de horno eléctrico, se muestran los resultados en la siguiente tabla resumen.

**Tabla 40**

*Resultados de los Ensayos de los Agregados de las Canteras y de las Combinaciones*

Ensayos	Resultados			
	Cantera San Pedrito	Cantera San Pedrito + EHAE	Cantera Cambio Puente	Cantera Cambio Puente + EHAE
Granulometría	43.1% grava, 46.3% arena, 10.6% finos.	54.26% grava, 37.16% arena, 8.58% finos.	42.9% grava, 42.5% arena, 14.7% finos.	56.9% grava, 32% arena, 11.11% finos.
Límite Líquido	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
Índice de Plasticidad	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
Abrasión Los Ángeles	15.77 %	17.39 %	23.22 %	21.40 %
Equivalente de Arena	31.00 %	40.00 %	22.00 %	33 %
CBR al 100 % de la MDS y 0.1” de penetración		122.67 %		88.32 %
		120.93 %		83.69 %
	109.75 %	124.33 %	68.28 %	85.23 %
		127.10 %		82.56 %
		125.18 %		86.20 %
				81.28 %
Partículas con 1 cara fracturada	99.9 %	88.5 %	99.7%	84.1 %
Partículas con 2 caras fracturadas	90.3 %	79.3 %	97.6 %	82.2%
Partículas chatas y alargadas	48.61 %	38.88 %	50.21 %	37.66 %
Sales Solubles en Agregado Fino	0.486	0.489 %	0.483	0.487 %
Sales Solubles en Agregado Grueso	0.050	0.048 %	0.058	0.056 %

**4.1.4. Realizar el diseño de un pavimento, en la H.U.P. Bello Sur en Nuevo Chimbote, sin adición y con adición de escoria siderúrgica para apreciar la optimización de su estructura.**

**4.1.4.1. Diseño de pavimento flexible sin adición de EHAE**

**4.1.4.1.1. Determinación de los parámetros de diseño**

Los parámetros de diseño especificados en la Tabla 41 son aplicables para ambas canteras.

**Tabla 41**

*Parámetros de Diseño del Pavimento Flexible*

<b>Parámetros de Diseño</b>	
A. Periodo de diseño en años (t):	20
B. Tasa de crecimiento anual (g%):	2.0
C. Número de ejes equivalentes total (W18)	471,687
D. Factor de confiabilidad (R)	75
E. Desviación Estándar Normal (Zr)	-0.674
F. Error de combinación estándar (So)	0.45
G. Índice de serviciabilidad inicial (pi)	3.8
H. Índice de serviciabilidad final (pt)	2.0
I. Diferencia de serviciabilidad ( $\Delta PSI=pi-pt$ )	1.8
J. CBR de la Sub rasante (%)	13.04
K. Módulo de resiliencia de la Subrasante (Psi)	13218.09
L. Coeficientes de drenaje de la capa base (m2)	1.0
M. Coeficientes de drenaje de la capa subbase (m3)	1.0

**4.1.4.1.2. Determinación de los Características de los Materiales**

De los ábacos mostrados en las Figuras 5, 6 y 7 se obtuvieron los resultados plasmados en la Tabla 42.

**Tabla 42**

*Características de los Materiales del Pavimento sin adición de EHAE*

Cantera	Módulo de Resiliencia (Psi)		
	Concreto Asfáltico	Base Granular	Subbase Granular
San Pedrito	430000	30812.50	21068.75
Cambio Puente	430000	27285.00	18669.38

**4.1.4.1.3. Determinación de los Espesores de las Capas del Pavimento**

Teniendo los datos de los parámetros de diseño y las características de los materiales, se realizó el diseño del pavimento flexible, empleando el método AASHTO-1993, con material de la Cantera San Pedrito y Cambio Puente, obteniéndose las siguientes estructuras.

**- Diseño Estructural del Pavimento, con Cantera San Pedrito**

**Figura 15**

*Estructura del Pavimento con Cantera San Pedrito*



En la Figura 15, se observan las medidas de los espesores de capa para el pavimento flexible empleando material granular de la Cantera San Pedrito al 100%. Producto del diseño por AASHTO 93 resultó 3” como carpeta asfáltica, 7” para la base granular y ya no se requirió colocar una capa de subbase, teniendo un total de 10” como espesor total del pavimento.



## - Diseño Estructural del Pavimento, con Cantera Cambio Puente

### Figura 16

#### *Estructura del Pavimento con Cantera Cambio Puente*



En la Figura 16, se observan las medidas de los espesores de capa para el pavimento flexible empleando material granular de la Cantera Cambio Puente al 100%. Producto del diseño por AASHTO 93 resultó 3” como carpeta asfáltica, 8” para la base granular y ya no se requirió colocar una capa de subbase, teniendo un total de 11” como espesor total del pavimento.

#### **4.1.4.2. Diseño de pavimento flexible con adición de EHAE**

##### ***4.1.4.2.1. Determinación de los parámetros de diseño***

Al igual que para el diseño del pavimento empleando el material de las canteras sin adición de escoria, para este diseño con adición de EHAE se siguió la misma metodología y se consideraron los mismos parámetros de diseño especificados en la Tabla 41.

##### ***4.1.4.2.2. Determinación de los Características de los Materiales***

Para la determinación del Módulo de Resiliencia ( $M_R$ ) de la carpeta asfáltica y las capas de base y subbase se emplearon los ábacos de la Guía de Diseño AASHTO 93, mostrados en las Figuras 5, 6 y 7. El diseño se realizó para cada uno de los 6 valores de CBR determinados por combinación.

De los ábacos se obtuvieron los resultados plasmados en la Tabla 43.

**Tabla 43**

*Características de los Materiales del Pavimento con adición de EHAE*

Material	Muestra	Módulo de Resiliencia (Psi)		
		Concreto Asfáltico	Base Granular	Subbase Granular
San Pedrito + EHAE	M1	430000	31889.17	21822.42
	M2	430000	31744.17	21720.92
	M3	430000	32027.50	21919.25
	M4	430000	32258.33	22080.83
	M5	430000	32098.33	21968.83
	M6	430000	32376.67	22163.67
Cambio Puente + EHAE	M1	430000	29026.67	19818.67
	M2	430000	28640.83	19548.58
	M3	430000	28769.17	19638.42
	M4	430000	28546.67	19482.67
	M5	430000	28850.00	19695.00
	M6	430000	28440.00	19408.00

**4.1.4.2.3. Determinación de los Espesores de las Capas del Pavimento**

Teniendo los datos de los parámetros de diseño y las características de los materiales, se realizó el diseño del pavimento flexible, empleando el método AASHTO-1993, con material de la Cantera San Pedrito + EHAE y Cambio Puente + EHAE, obteniéndose las siguientes estructuras.

**- Diseño Estructural del Pavimento, con Cantera San Pedrito + EHAE**

▪ **Muestra 1**

**Figura 17**

*Estructura del Pavimento con Cantera San Pedrito + EHAE*



▪ **Muestra 2**

**Figura 18**

*Estructura del Pavimento con Cantera San Pedrito + EHAE*



▪ **Muestra 3**

**Figura 19**

*Estructura del Pavimento con Cantera San Pedrito + EHAE*



▪ **Muestra 4**

**Figura 20**

*Estructura del Pavimento con Cantera San Pedrito + EHAE*



▪ **Muestra 5**

**Figura 21**

*Estructura del Pavimento con Cantera San Pedrito + EHAE*



▪ **Muestra 6**

**Figura 22**

*Estructura del Pavimento con Cantera San Pedrito + EHAE*



Al trabajar el diseño del pavimento para la Combinación Cantera San Pedrito + EHAE, con las Muestras 1,2,3,4 y 5, resultaron tener espesores de carpeta asfáltica de 3” y de base granular de 6.5”, ya no requiriendo capa subbase, haciendo un total de 9.5” como espesor del pavimento. Mientras que al realizar el diseño con la Muestra 6, el espesor total del pavimento se redujo en 0.5” respecto a los diseños trabajados con las 5 primeras muestras, ya que resultó un espesor de carpeta asfáltica de 3” y de base granular de 6”, haciendo un total de 9” como espesor del pavimento.

- **Diseño Estructural del Pavimento, con Cantera Cambio Puente + EHAE**

▪ **Muestra 1**

**Figura 23**

*Estructura del Pavimento con Cantera Cambio Puente + EHAE*



▪ **Muestra 2**

**Figura 24**

*Estructura del Pavimento con Cantera Cambio Puente + EHAE*



▪ **Muestra 3**

**Figura 25**

*Estructura del Pavimento con Cantera Cambio Puente + EHAE*



▪ **Muestra 4**

**Figura 26**

*Estructura del Pavimento con Cantera Cambio Puente + EHAE*



▪ **Muestra 5**

**Figura 27**

*Estructura del Pavimento con Cantera Cambio Puente + EHAE*



▪ **Muestra 6**

**Figura 28**

*Estructura del Pavimento con Cantera Cambio Puente + EHAE*



Al trabajar el diseño del pavimento para la Combinación Cantera Cambio Puente + EHAE, con las Muestra 1, resultó un espesor de carpeta asfáltica de 3" y de base granular de 7", ya no requiriendo capa subbase, haciendo un total de 10" como espesor del pavimento. Mientras que al realizar el diseño con la Muestras 2,3,4,5 y 6, el espesor total del pavimento aumentó en 0.5" respecto al diseño trabajado con la Muestra 1, ya que resultó un espesor de carpeta asfáltica de 3" y de base granular de 7.5", haciendo un total de 10.5" como espesor del pavimento.

## 4.2. Contrastación de la Hipótesis

### Hipótesis Nula

**H<sub>0</sub>:** La adición de escoria de hornos eléctricos no estabilizará ni mejorará las propiedades físicas y mecánicas de las capas base y subbase de un pavimento flexible, por tanto, no optimizará su estructura.

### Hipótesis Alternativa

**H<sub>1</sub>:** La adición de escoria de hornos eléctricos estabilizará y mejorará las propiedades físicas y mecánicas de las capas base y subbase de un pavimento flexible, lográndose optimizar su estructura.

$$H_0: \mu \leq 0$$

$$H_1: \mu > 0$$

### 4.2.1. Combinación Cantera San Pedrito + EHAE

**Tabla 44**

*Contrastación de Hipótesis de la Cantera San Pedrito + EHAE*

Muestra	Espesor de Pavimento (pulg)
Patrón	10.00
	9.50
	9.50
Combinaciones	9.50
	9.50
	9.50
	9.00

En la Tabla 44, se muestran los espesores del pavimento flexible, tanto del diseño obtenido con material 100% de cantera, y de la combinación Cantera San Pedrito + EHAE. Con estos resultados se procedió a realizar el contraste de la hipótesis

principal de la presente investigación, para lo cual se realizó la Prueba de Hipótesis empleando el Método T de Student con el siguiente estadístico de prueba:

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d/n}$$

Donde:

t= estadístico t calculado

$\bar{d}$ = promedio de las diferencias

$S_d$ = desv. estándar de las diferencias

\*Para esto, se sigue una distribución t con n-1 grados de libertad.

Considerando una confiabilidad al 95% ( $\alpha$ ), y demás datos, se reemplazaron en la formula anterior y se llegó a obtener el valor de t tal como se muestra.

$$\bar{d} = 0.6$$

$$n = 6$$

$$gl = 5$$

$$\alpha = 0.05$$

$$1 - \alpha = 0.95$$

$$S_d = 0.2041241$$

$$t_{(1-\alpha), (n-1)} = 2.0150484$$

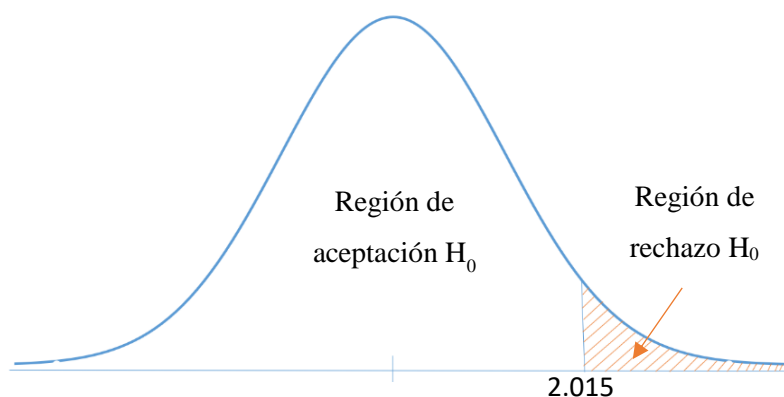
$$t = 7$$

$$p.\text{valor} = 0.0004584$$



**Figura 29**

*Distribución T de Student para Cantera San Pedrito + EHAE*



Con los resultados obtenidos de la prueba de hipótesis y llevándolos a la gráfica de la Figura 29, se puede determinar que el valor de  $t$  cae en la región de rechazo de la hipótesis nula, por lo tanto, esta no se debe aceptar.

#### 4.2.2. *Combinación Cantera Cambio Puente + EHAE*

**Tabla 45**

*Contrastación de Hipótesis de la Cantera Cambio Puente + EHAE*

Muestra	Espesor de Pavimento (pulg)
Patrón	11.00
	10.00
	10.50
Combinaciones	10.50
	10.50
	10.50
	10.00

En la Tabla 45, se muestran los espesores del pavimento flexible, tanto del diseño obtenido con material 100% de cantera, y de la combinación Cantera Cambio Puente + EHAE. Con estos resultados se procedió a realizar el contraste de la hipótesis principal de la misma manera que el ítem 4.2.1.

Considerando también una confiabilidad al 95% ( $\alpha$ ), y demás datos, se reemplazaron en la fórmula del estadístico de prueba y se llegó a obtener el valor de  $t$  tal como se muestra.

$$\bar{d} = 0.6$$

$$n = 6$$

$$gl = 5$$

$$\alpha = 0.05$$

$$1 - \alpha = 0.95$$

$$Sd = 0.2041241$$

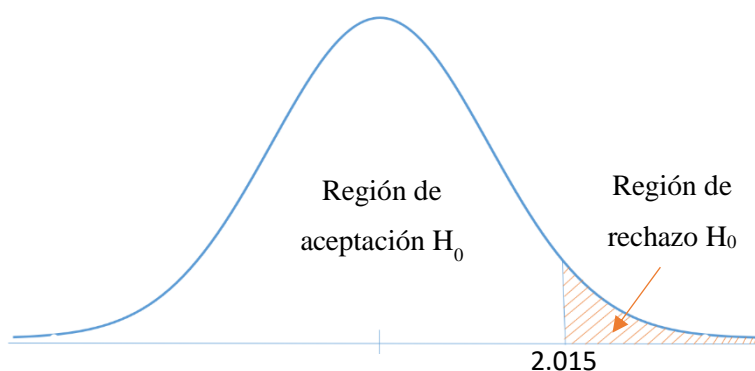
$$t_{(1-\alpha), (n-1)} = 2.0150484$$

$$t = 7$$

$$p.\text{valor} = 0.0004584$$

### Figura 30

*Distribución T de Student para Cantera Cambio Puente + EHAE*



Con los resultados obtenidos de la prueba de hipótesis y llevándolos a la gráfica de la Figura 26 se puede determinar que el valor de  $t$  obtenido también cae en la región de rechazo de la hipótesis nula, por lo tanto, esta tampoco se debe aceptar.

### 4.3. Discusión

- A partir de los resultados encontrados, al optimizar la estructura de un pavimento flexible, en la ciudad de Nuevo Chimbote, estabilizándolo con adición de escoria de hornos eléctricos en las capas de base y subbase, se pudo encontrar que la estructura del pavimento queda optimizada entre 0.5" y 1", producto de la adición de escoria, la cual aporta mejora en las propiedades de estas capas del pavimento, principalmente en el CBR que mejora 13.7% cuando se emplea material de la Cantera San Pedrito y el 23.82% cuando se emplea material de la Cantera Cambio Puente. Frente a lo mencionado, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación, donde refiere que la adición de escoria de hornos eléctricos estabiliza y mejora las propiedades físicas y mecánicas de las capas de base y subbase de un pavimento flexible, lográndose optimizar su estructura. Estos resultados son corroborados por Pardo & Pérez (2019) quienes determinaron una mejora en las propiedades del material combinado de agregado con escoria, principalmente del CBR, que mejora en 4.5%, y por Marquina (2018) que también evidencia mejora en las propiedades de las capas de base y subbase cuando se emplea escoria, concluyendo que la estructura del pavimento flexible queda optimizada en 1".
- En esta investigación, al determinar las propiedades de los agregados de base y subbase de pavimentos, considerando las Canteras San Pedrito y Cambio Puente, los resultados reflejaron que según la clasificación SUCS pertenecen al grupo SW-SM y SM, respectivamente, y de acuerdo a la clasificación AASHTO, pertenecen al grupo A-1-a (0) y A-1-b (0), respectivamente. Además, no presentan límites de Atterberg. Ambas canteras se encuentran ligeramente fuera de la Gradación B, gradación que se consideró. Estos resultados coinciden parcialmente con lo sostenido por Torres & Yacila (2022), quienes en su trabajo de investigación señalan que las Canteras San Pedrito y Cambio Puente,

según la clasificación SUCS, ambas pertenecen al grupo GP-GM y de acuerdo a la clasificación AASHTO, pertenecen al grupo A-1-a (0); además no presentan Límites de Atterberg; estos resultados determinan también que la granulometría de estas canteras se encuentra ligeramente fuera de la Gradación B. Es así que, bajo lo referido anteriormente, confirmamos que el material de ambas canteras mencionadas, no cumplen con los requisitos granulométricos mínimos establecidos en la norma.

- Por otro lado, en la presente, al caracterizar la EHAE proveniente SIDERPERU, se encontró que esta contiene 98.9 % de partículas entre 4.75–75 mm, y no presenta L.L. ni L.P. y químicamente está compuesta principalmente por CaO, FeO, MgO y SiO<sub>2</sub>. Esto quiere decir que está libre de arcillas y su granulometría no es uniforme, por ello, si se emplea individualmente este material en bases o subbases de pavimentos, no llega a cumplir con lo requerido por la Norma. Estos resultados concuerdan parcialmente con lo expuesto por Boza et.al (2018), quienes en su investigación sostienen que la EHAE presenta granulometría uniforme, no presentan arcillas y su resistencia a la abrasión supera en un 39% la resistencia del árido convencional procedente de cantera, y químicamente contienen CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y MgO; por lo que concluyen que esta puede reemplazar al árido convencional. En tal sentido, afirmamos que, si la EHAE presenta características similares o mejores que de los agregados convencionales, se determinará si es empleado como un material estabilizante o sustituto, para bases de pavimentos.
- Además, en la presente, con el objetivo de determinar la combinación adecuada de material de cantera con escoria, se empleó el “Método gráfico para optimizar granulometrías”, del cual resultó que para la Cantera San Pedrito la combinación óptima es 80% agregado + 20% EHAE, mientras que para la Cantera Cambio Puente la combinación es 75% agregado + 25% EHAE, al determinar las propiedades de estas combinaciones, resultó que según la clasificación SUCS pertenecen al grupo GW-GM y

GP-GM, respectivamente y de acuerdo a la clasificación AASHTO, ambas pertenecen al grupo A-1-a (0). Además, la combinación Cantera San Pedrito + EHAE presenta un CBR de 124% en promedio y la combinación Cantera Cambio Puente + EHAE presenta un CBR de 84% en promedio. Esto se resume, en que el material de ambas canteras al combinarse con la EHAE, mejoran sus propiedades, ya que se encuentran dentro de la gradación considerada y presentan aumento en su CBR. Estos resultados son corroborados por Torres & Yacila (2022), quienes en su investigación concluyen que, al emplear el mismo método para la combinación del material de las Canteras San Pedrito, Cambio Puente y La Sorpresa, resultó una mezcla del 47%, 47% y 6% respectivamente, la cual presenta una mejor granulometría y se encuentra dentro de la gradación considerada inicialmente, además de tener un CBR del 94%, que es superior a lo mínimo requerido por la norma. Analizando estos resultados, queda corroborada la eficiencia del método empleado para determinar los porcentajes óptimos a combinar de los agregados.

- Finalmente, al realizar el diseño del pavimento flexible en la H.U.P. Bello Sur, se pudo determinar que al considerar como material de base el proveniente de la Cantera San Pedrito, se obtuvo un espesor de pavimento de 10", mientras que cuando se le adicionó escoria se obtuvo un espesor que varió entre 9" y 9.5". Por otro lado, al diseñar con material de base de la Cantera Cambio Puente, se obtuvo un espesor de pavimento de 11", y adicionándole escoria el espesor varió entre 10" y 10.5". Frente a lo mencionado, se puede observar que al adicionar escoria a cada una de las canteras el espesor del pavimento varía solamente entre 0.5" y 1". Resultados que son validados parcialmente por Marquina (2018), quien al realizar el diseño del pavimento flexible empleando solo escoria en lugar del agregado convencional de cantera obtuvo un espesor de 17", mientras que al emplear 90% de escoria + 10% de polvo de escoria, obtuvo un espesor de 16", por lo que también la disminución de espesores varía en 1".



**CAPÍTULO V:**  
**Conclusiones y**  
**Recomendaciones**

## V. Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1. Conclusiones

- Con los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis de la presente investigación, la cual establece que la adición de escoria de hornos eléctricos estabiliza y mejora las propiedades físicas y mecánicas de las capas base y subbase de un pavimento flexible, lográndose optimizar su estructura.
- Se determinaron las propiedades de los materiales de ambas canteras, resultando el material de la Cantera San Pedrito una arena con granulometría gruesa y partículas de finos, A-1-a (0) y la Cantera Cambio Puente una arena de granulometría media con importante porcentaje de finos, A-1-b (0), además ambas no presentaron L.L ni L.P.

La Resistencia a la Abrasión del material de San Pedrito es de 15.77% mientras que el de Cambio Puente presenta menor resistencia, 23.22%, por lo cual el material de ambas canteras cumple con lo requerido por el MTC.

El Equivalente de Arena que presenta el material de San Pedrito es 31%, mientras que el de Cambio Puente presenta 22%, lo cual indica que este último contiene mayor presencia de material fino y polvo, por ende, el material de San Pedrito es apto solo como material de subbase y el de Cambio Puente no es apto para un pavimento.

En cuanto a partículas fracturadas, ambas canteras presentan alto porcentaje, cumpliendo con lo requerido por la Norma ya mencionada, San Pedrito contiene 99.9% de material con 1 cara fracturada y 90.3% con 2 caras fracturadas, mientras que Cambio Puente contiene 99.7% de material con 1 cara fracturada y 97.6% con 2 caras fracturadas.

El porcentaje de partículas chatas y alargadas de ambas canteras se encuentra por encima del máximo requerido por el MTC, San Pedrito presenta 48.61% y Cambio Puente 50.21%.

El CBR al 100 % de la MDS y 0.1” de penetración del material de San Pedrito resultó 109.75%, mientras que el de Cambio Puente resultó 68.28%, siendo ambas aptas como material de subbase y solo San Pedrito como material de base.

- Se determinaron las características granulométricas y plásticas de la EHAE, obteniéndose que esta contiene 98.9% de partículas entre 75 mm y 4.75 mm, 0.8% entre 0.075 mm y 4.75 mm y 0.3% entre 0.005 mm y 0.075 mm, siendo una grava mal graduada con poco o ningún fino. Además, no presenta límite líquido ni plástico.
- Para determinar los porcentajes óptimos de los materiales granulares en pavimentos se empleó el Método Gráfico para Optimizar Granulometrías. Con este resultó que, para la Cantera San Pedrito se debe combinar 80% de material de cantera + 20% de EHAE, y para la Cantera Cambio Puente 75% material de cantera + 25% de EHAE.
- Se determinaron las propiedades físicas y mecánicas del material de ambas canteras combinadas con escoria cada una, resultando que ambas combinaciones presentaban un material con predominancia de grava con material fino bien graduado, A-1-a (0), además ninguna de las combinaciones presenta límite líquido ni plástico.

La Resistencia a la Abrasión del material de Cantera San Pedrito + EHAE es de 17.39% mientras que el de Cantera Cambio Puente + EHAE presenta menor resistencia, 21.40%, por lo cual el material de ambas canteras sigue cumpliendo con lo requerido por el MTC.

El Equivalente de Arena que presenta el material de San Pedrito + EHAE es 40%, mientras que el material de Cambio Puente + EHAE presenta 33%, por ende, los materiales de ambas combinaciones son aptos para subbase y el de Cambio Puente + EHAE está ligeramente por debajo del porcentaje mínimo para ser empleado como base granular, mientras que San Pedrito + EHAE si es apto como material de base.



La EHAE disminuye el porcentaje de partículas fracturadas en cada una de las combinaciones, aunque de todas maneras sigue cumpliendo con lo requerido por la Norma, San Pedrito + EHAE contiene 88.5% de material con 1 cara fracturada y 79.3% con 2 caras fracturadas, mientras que Cambio Puente + EHAE contiene 84.1% de material con 1 cara fracturada y 82.2% con 2 caras fracturadas.



Los porcentajes de partículas chatas de ambas combinaciones quedan disminuidos con la adición de EHAE, lo que permite que estos materiales estén más cercanos al máximo requerido, San Pedrito + EHAE presenta 38.88% y Cambio Puente + EHAE 37.66%.

Por cada combinación se realizaron 6 ensayos de CBR, obteniéndose para San Pedrito + EHAE valores de 122.67%, 120.93%, 124.33%, 127.10%, 125.18% y 128.52% al 100% de la MDS y 0.1” de penetración, mejorando 13.70% en promedio, respecto al CBR de la muestra patrón. Mientras que el material de Cambio Puente + EHAE arrojó resultados de 88.32%, 83.69%, 85.23%, 82.56%, 86.20% y 81.28% al 100% de la MDS y 0.1” de penetración, mejorando 23.82% en promedio, respecto al CBR de la muestra patrón. Siendo ambas combinaciones aptas como material de subbase y base.

- Al realizar el diseño del pavimento, en la H.U.P. Bello Sur, con la muestra patrón de San Pedrito, se obtuvo un pavimento de 10”, mientras que de la combinación de esta con EHAE se obtuvieron resultados de 9.5” y 9”, variando de acuerdo a los valores de CBR obtenidos. De la muestra patrón de Cambio Puente, se obtuvo un pavimento de 11”, mientras que de la combinación de esta con EHAE se obtuvieron resultados de 10.5” y 10”, variando también de acuerdo a los valores de CBR.
- Finalmente, de los presupuestos del pavimento, con las canteras y combinaciones, resultó que la adición de EHAE optimiza el costo en S/. 6737.35 al ser combinada con el material de San Pedrito, mientras que con el de Cambio Puente optimiza su costo en S/. 6451.87.

## 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda, a futuros investigadores, realizar la combinación de Material Granular de Cantera + EHAE con el material de otras canteras, es decir distintas a las ensayadas en esta investigación, con el fin de contrastar los resultados obtenidos y tener mayor dispersión de resultados.
- Se recomienda, realizar investigaciones a otros materiales que sean amigables con el medio ambiente, que se puedan combinar con el agregado de canteras, y que logren mejorar sus propiedades físicas, mecánicas y químicas con la finalidad de optimizar el diseño de los pavimentos, y disminuir así la explotación de canteras.
- Se recomienda emplear los resultados de los ensayos de laboratorio de la presente, para el diseño de pavimentos con otras características, en cuanto a subrasante y tráfico, para así tener mayor dispersión de resultados.
- Se recomienda también, que, para la ejecución de obras de pavimentos flexibles en zona urbana, se consideren los resultados obtenidos en esta investigación, ya que queda evidenciado que la escoria de hornos eléctricos, provenientes de SiderPerú, mejoran las propiedades físico-mecánicas de materiales de base y subbase.
- Se recomienda tener cuidado con la escoria, para no contaminarla con arcillas u otras materias extrañas, ya que estas pueden alterar los resultados de los ensayos.



**CAPÍTULO VI:**  
**Referencias**  
**Bibliográficas y**  
**Virtuales**

## VI. Referencias Bibliográficas y Virtuales

- Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, AC. (2012). *Pavimentos rígidos y flexibles, ventajas y desventajas*. Nuevo León, México.
- Campos, J., Vega, A. (2019). Estabilización de suelos con concreto asfáltico reciclado en el Pj. Dos de Mayo- Chimbote. Nuevo Chimbote, Perú: Universidad Nacional del Santa.
- Cabrejos, J., & Murga, J. (2021). Estabilización de afirmados con residuos de lubricantes vehicular en el camino rural del centro poblado de Cambio Puente – Chimbote. Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú. Obtenido de <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3659>
- Chavez, R. S. (2018). Diseño del pavimento flexible para la Av. Morales Duarez de la via expresa linea amarilla en la ciudad de Lima. Lima.
- Choque, R. (2012). Viabilidad para el uso de la escoria de acería eléctrica como agregado en mezcla asfáltica en la Ciudad de Chimbote. Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Figueroa, I. & Mamani, C. (2019). Diseño de carreteras afirmadas en base a escorias negras, provenientes de la planta de aceros Arequipa de Pisco, para zonas rurales. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Holguin Garcia, J. C. (2018). Propuesta de un modelo de gestión de inventarios de materiales para la empresa siderúrgica del Perú S.A.A. - SIDERPERÚ. Licenciatura. Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1153>
- Lovera, D., Arias, V. & Coronado, R. (2004). La valoración de las escorias metalúrgicas como recursos industriales. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

- López, A., Ochoa, R. & Grimaldo, G. (2018). Uso de escoria BOF y polvo de alto horno en concreto asfáltico: una alternativa para la construcción de pavimentos. Tunja, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Marquina, M. (2018). Uso de las escorias obtenidas como sub producto de la elaboración de acero de la planta N°2 de aceros Arequipa - Pisco para fines de cimentación y pavimentación. Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma.
- Medina, A., De la Cruz, M. (2015). Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Minaya, S., & Ordoñez, A. (2006). Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos. Investigación. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Obtenido de [https://www.academia.edu/34829662/UNIVERSIDAD\\_NACIONAL\\_DE\\_INGENIERIA\\_DISE%3%91O\\_MODERNO\\_DE\\_PAVIMENTOS\\_ASF%3%81LTICOS\\_M\\_Sc\\_SILENE\\_MINAYA\\_GONZ%3%81LEZ](https://www.academia.edu/34829662/UNIVERSIDAD_NACIONAL_DE_INGENIERIA_DISE%3%91O_MODERNO_DE_PAVIMENTOS_ASF%3%81LTICOS_M_Sc_SILENE_MINAYA_GONZ%3%81LEZ)
- Ministerio de Fomento. (Diciembre de 2013). CEDEX. Obtenido de CEDEX: <http://www.cedexmateriales.es/>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2012). Norma CE. 020 "Estabilización de Suelos y Taludes". Lima, Perú.
- Montejo, A. (2002). Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- Ministerio de Economía y Finanzas- Dirección General de Inversión Pública. (2015). Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial. Lima, Perú.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). Manual de Carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Lima, Perú.
- Ortega, V. (2011). Aprovechamiento de escorias blancas (LFS) y negras (EAFS) de acería eléctrica en la estabilización de suelos y en capas de firmes de caminos rurales. Burgos, España: Universidad de Burgos.
- Parra, L. & Sánchez, D. (2010). Análisis de la valorización de escorias negras como material agregado para concreto en el marco de la gestión ambiental de la siderúrgica Diaco. Municipio de Tuta Boyacá.
- Rodas, J. & Ybarra, L. (2018). Análisis comparativo de daños en el pavimento con tecnología LCMS y método semiautomatizado para determinar PCI tramo Morropón – Puente La Gallega (Piura). Lima, Perú: Universidad de San Martín de Porres.
- Rojas, M., Otálvaro, I., Pérez, J., Mauricio, H. & Ambriz, C. (2021). Uso de las escorias de horno de arco eléctrico (EHAE) en la construcción – Estado del arte. Bucaramanga, Colombia: Revista UIS Ingenierías, Vol. 20. Obtenido de 10.18273/revuin.v20n2-2021005
- Romero, C. (2018). Evaluación del Material de Afirmado, de las Canteras Pampa La Colina-Guadalupito y San Pedrito - Samanco, Con Fines de Pavimentación- Propuesta de Mejoramiento – Ancash - 2018. Universidad Cesar Vallejo, Nuevo Chimbote, Peru.
- Sánchez, J., Yataco, J. (2017). Propiedades índices de los suelos y su relación con el diseño estructural de los pavimentos en el Distrito de Nuevo Chimbote. Nuevo Chimbote, Perú: Universidad Nacional del Santa.
- Skaf, M., Manso, J., Aragón, A., Fuente, J. & Ortega, V. (2016). Escoria EAF en mezclas bituminosas: Una breve revisión de su posible reutilización. Burgos, España: Universidad de Burgos.


UNESID. (2022). GLOSARIO DEL ACERO. Obtenido de <https://unesid.org/glosario-del-acero/>

Zelada, R., & Rodríguez, A. (2016). Valoración económica de la escoria de horno eléctrico de SiderPeru como producto alternativo a la piedra cantera en el sector construcción. Trujillo, Perú.



# **CAPÍTULO VII:** **Anexos**





**ANEXO 1. Ensayos al Material  
de Cantera y Escoria de  
Horno Eléctrico**



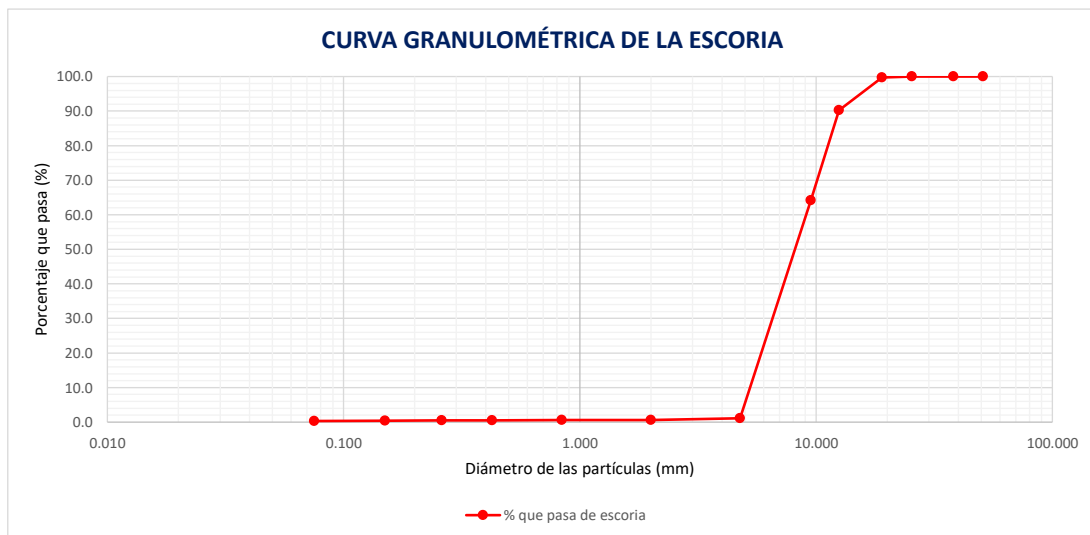
**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022	<b>RESPONSABLES:</b>	Bach. Chacón Silva Paola Bach. Chávez Melo Zarela
		<b>FECHA:</b>	Set-22

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
**MTC E-204**

<b>Material:</b>	Escoria de horno eléctrico	<b>Tamaño Máximo:</b>	1"
<b>Procedencia:</b>	SiderPerú	<b>Peso Inicial Seco:</b>	4001.1 g

Tamiz	Abertura (mm)	Pesos Retenidos (g)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulados (%)	Porcentaje que pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
2"	50.800	0.00	0.0	0.0	100.0	Lím. Líquido: N.P.
1 1/2"	38.100	0.00	0.0	0.0	100.0	Lím. Plástico: N.P.
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0	Índ. Plástico: N.P.
3/4"	19.000	10.5	0.3	0.3	99.7	Clasificación GP
1/2"	12.500	381.4	9.5	9.8	90.2	SUCS:
3/8"	9.500	1040.9	26.0	35.8	64.2	Clasificación A-1-a (0)
N° 4	4.760	2524.2	63.1	98.9	1.1	AASHTO:
N°10	2.000	19.8	0.5	99.4	0.6	Partículas entre 4.75 y 75 mm (%): 98.9
N°20	0.840	1.6	0.0	99.4	0.6	Partículas entre 0.075 y 4.75 mm (%): 0.8
N° 40	0.425	1.9	0.0	99.5	0.5	Partículas entre 0.005 y 0.075 mm (%): 0.3
N° 60	0.260	1.7	0.0	99.5	0.5	
N° 100	0.150	1.9	0.0	99.6	0.4	
N° 200	0.075	4.4	0.1	99.7	0.3	
Cazoleta		12.9	0.3	100.0	0.0	





**Ensayos de Laboratorio**  
**Cantera San Pedrito**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

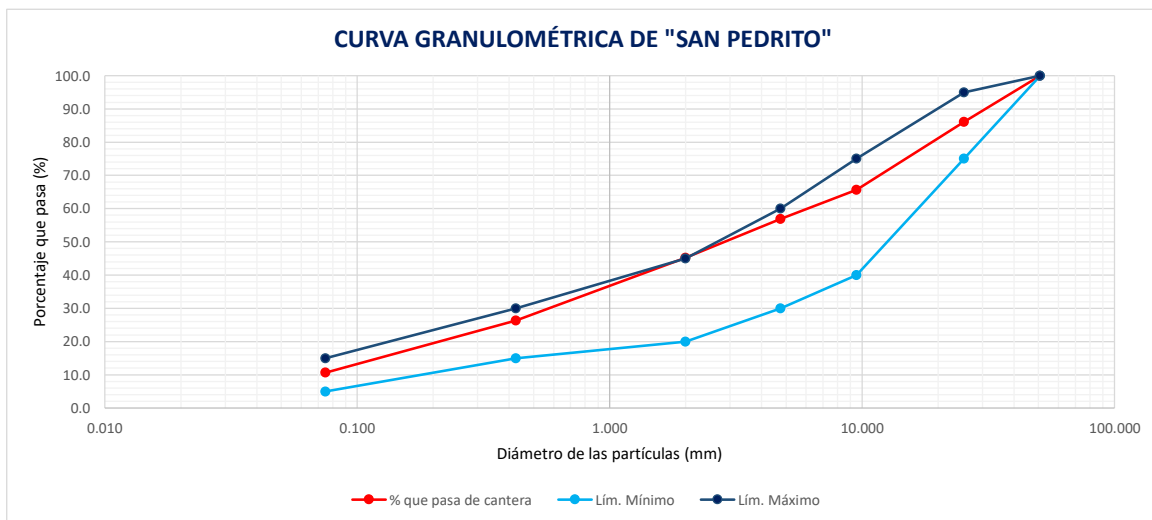
**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE  
 ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNO  
 ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022

**RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
 Bach. Chávez Melo Zarela  
**FECHA:** Set-22

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
**MTC E-204**

**Cantera:** San Pedrito **Tamaño Máximo:** 2"  
**Material:** 100 % Material de Cantera **Peso Inicial Seco:** 20668.0 g  
**Uso:** Base y Subbase granular

Tamiz	Abertura (mm)	Pesos Retenidos (g)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulados (%)	Porcentaje que pasa	Límites Permisibles Gradación B		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
						Mím	Máx	
2"	50.800	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100	
1 1/2"	38.100	578.70	2.8	2.8	97.2			
1"	25.400	2300.14	11.1	13.9	86.1	75	95	Lím. Líquido: N.P.
3/4"	19.000	1254.75	6.1	20.0	80.0			Lím. Plástico: N.P.
1/2"	12.500	1550.10	7.5	27.5	72.5			Índ. Plástico: N.P.
3/8"	9.500	1403.36	6.8	34.3	65.7	40	75	Clasificación SUCS: SW-SM
N° 4	4.760	1820.86	8.8	43.1	56.9	30	60	Clasificación AASHTO: A-1-a (0)
N°10	2.000	2424.4	11.7	54.8	45.2	20	45	
N°20	0.840	2598.0	12.6	67.4	32.6			
N° 40	0.425	1302.1	6.3	73.7	26.3	15	30	
N° 60	0.260	847.4	4.1	77.8	22.2			Grava (%): 43.1
N° 100	0.150	1033.4	5.0	82.8	17.2			Arena (%): 46.3
N° 200	0.075	1353.8	6.5	89.4	10.6	5	15	Finos (%): 10.6
Cazoleta		2201.1	10.6	100.0	0.0			





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022

**RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
 Bach. Chávez Melo Zarela

**FECHA:** Set-22

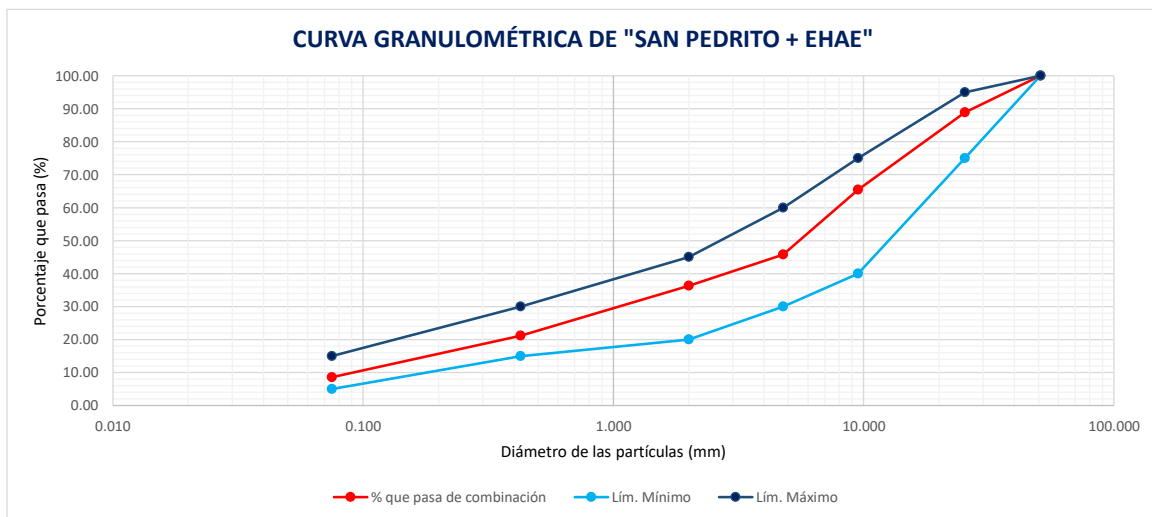
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
**MTC E-204**

**Cantera:** San Pedrito **Tamaño Máximo:** 2"

**Material:** 80% de Material de Cantera + 20% de Escoria de Hornos Eléctricos **Peso Inicial Seco:** 20584.2 g

**Uso:** Base y Subbase granular

Tamiz	Abertura (mm)	Pesos Retenidos (g)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulados (%)	Porcentaje que pasa	Límites Permisibles Gradación B		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
						Mím	Máx	
2"	50.800	0.00	0.0	0.0	100.00	100	100	
1 1/2"	38.100	461.08	2.2	2.2	97.76			
1"	25.400	1832.65	8.9	11.1	88.86	75	95	Lím. Líquido: N.P.
3/4"	19.000	1010.51	4.9	16.1	83.95			Lím. Plástico: N.P.
1/2"	12.500	1627.49	7.9	24.0	76.04			Índ. Plástico: N.P.
3/8"	9.500	2189.13	10.6	34.6	65.41	40	75	Clasificación SUCS: GW-GM
N° 4	4.760	4047.93	19.7	54.3	45.74	30	60	Clasificación AASHTO: A-1-a (0)
N°10	2.000	1952.0	9.5	63.7	36.26	20	45	
N°20	0.840	2071.6	10.1	73.8	26.19			
N° 40	0.425	1039.4	5.0	78.9	21.14	15	30	
N° 60	0.260	676.9	3.3	82.1	17.86			Grava (%): 54.3
N° 100	0.150	825.4	4.0	86.2	13.85			Arena (%): 37.2
N° 200	0.075	1083.1	5.3	91.4	8.58	5	15	Finos (%): 8.6
Cazoleta		1767.1	8.6	100.0	0.00			





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE  
ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNO  
ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022

**RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
Bach. Chávez Melo Zarela  
**FECHA:** Set-22

**ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD**  
**MTC E - 110 / MTC E - 111**

**Cantera:** San Pedrito  
**Material:** 100 % Material de Cantera  
**Uso:** Base y Subbase granular

Descripción	Unidad
Número de Repeticiones	
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (A)	g
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	g
Peso de Recipiente (C)	g
Peso del Agua (A - B)	g
Peso del Suelo Seco (B-C)	g
Contenido de Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100]$	%
Número de Golpes	

Material Pasante Tamiz N° 40	
Límite Líquido	Límite Plástico
<i>NP</i>	<i>NP</i>

Resultados Obtenidos	Límites de Consistencia		índice Plástico
	Líquido	Plástico	
	N.P	N.P	N.P





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE  
ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS  
ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022

**RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
Bach. Chávez Melo Zarela  
**FECHA:** Set-22

**ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD**  
**MTC E - 110 / MTC E - 111**

**Cantera:** San Pedrito  
**Material:** 80 % Material de Cantera + 20% de Escoria de Horno Eléctrico  
**Uso** Base y Subbase granular

Descripción	Unidad	Material Pasante Tamiz N° 40	
		Límite Líquido	Límite Plástico
Número de Repeticiones			
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (A)	g	<b>NP</b>	<b>NP</b>
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	g		
Peso de Recipiente (C)	g		
Peso del Agua (A - B)	g		
Peso del Suelo Seco (B-C)	g		
Contenido de Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100]$	%		
Número de Golpes			

Resultados Obtenidos	Límites de Consistencia		índice Plástico
	Líquido	Plástico	
	N.P	N.P	





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022	<b>RESPONSABLES:</b>	Bach. Chacón Silva Paola Bach. Chávez Melo Zarela
		<b>FECHA:</b>	Set-22

**ENSAYO DE ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES**  
**MTC E-207**

<b>Cantera:</b>	San Pedrito
<b>Material:</b>	100 % Material de Cantera
<b>Uso</b>	Base y Subbase granular

GRADACIÓN		"A"	"B"	"C"	"D"
ESFERAS		12	11	8	6
1 1/2"	1"	1250.98			
1"	3/4"	1250.37			
3/4"	1/2"	1250.3			
1/2"	3/8"	1250.16			
<b>Peso Muestra</b>		<b>5001.81</b>			
Peso retenido tamiz N°12		4213			
Peso pasante tamiz N°12					
% DESGASTE		15.77			
<b>PROMEDIO (%)</b>				<b>15.77</b>	







**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022	<b>RESPONSABLES:</b>	Bach. Chacón Silva Paola Bach. Chávez Melo Zarela
		<b>FECHA:</b>	Set-22

**ENSAYO DE ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES**  
**MTC E-207**

<b>Cantera:</b>	San Pedrito
<b>Material:</b>	80 % Material de Cantera + 20 % EHAE
<b>Uso</b>	Base y Subbase granular

GRADACIÓN		"A"	"B"	"C"	"D"
ESFERAS		12	11	8	6
1 1/2"	1"	1250.02			
1"	3/4"	1250.66			
3/4"	1/2"	1250.3			
1/2"	3/8"	1250.63			
<b>Peso Muestra</b>		<b>5001.61</b>			
Peso retenido tamiz N°12		4132			
Peso pasante tamiz N°12					
% DESGASTE		17.39			
<b>PROMEDIO (%)</b>				<b>17.39</b>	





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE  
ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS  
ELÉCTRICOS- NUEVO CHIMBOTE 2022

**RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
Bach. Chávez Melo Zarela  
**FECHA:** Set-22

**ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA**  
**MTC E-114**

**Cantera:** San Pedrito  
**Material:** 100% de Material de Cantera  
**Uso:** Base y Subbase granular

**DATOS DE LA MUESTRA**

ITEM	DESCRIPCIÓN	ENSAYOS		
1	Tamaño Máximo (mm)	4.76	4.76	4.76
2	Muestra N°	1	2	3
3	Saturación (hora inicial)	14:05	14:07	14:09
4	Saturación (hora final)	14:15	14:17	14:19
5	Prueba de ensayo (hora inicial)	14:17	14:19	14:21
6	Prueba de ensayo (hora final)	14:37	14:39	14:41
7	Altura Máxima de Material Fino (pulg)	10.41	10.33	10.67
8	Altura Máxima de la Arena (pulg)	3.21	3.15	3.37
9	Equivalente de Arena (%)	30.8 %	30.5 %	31.7 %
10	Equivalente de Arena Promedio (%)	31 %		





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE  
ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS  
ELÉCTRICOS- NUEVO CHIMBOTE 2022

**RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
Bach. Chávez Melo Zarela  
**FECHA:** Set-22

**ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA**  
**MTC E-114**

**Cantera:** San Pedrito  
**Material:** 80% de Material de Cantera +20% de Escoria de Horno Eléctrico  
**Uso:** Base y Subbase granular

**DATOS DE LA MUESTRA**

ITEM	DESCRIPCIÓN	ENSAYOS		
1	Tamaño Máximo (mm)	4.76	4.76	4.76
2	Muestra N°	1	2	3
3	Saturación (hora inicial)	04:33	04:35	04:37
4	Saturación (hora final)	04:43	04:45	04:47
5	Prueba de ensayo ( hora inicial)	04:45	04:47	04:49
6	Prueba de ensayo ( hora final)	05:05	05:07	05:09
7	Altura Máxima de Material Fino (pulg)	8.75	8.55	8.67
8	Altura Máxima de la Arena (pulg)	3.51	3.47	3.49
9	Equivalente de Arena (%)	40.1 %	40.6 %	40.3 %
10	Equivalente de Arena Promedio (%)	40 %		



**INFORME N° GM-LB22-1653-03**

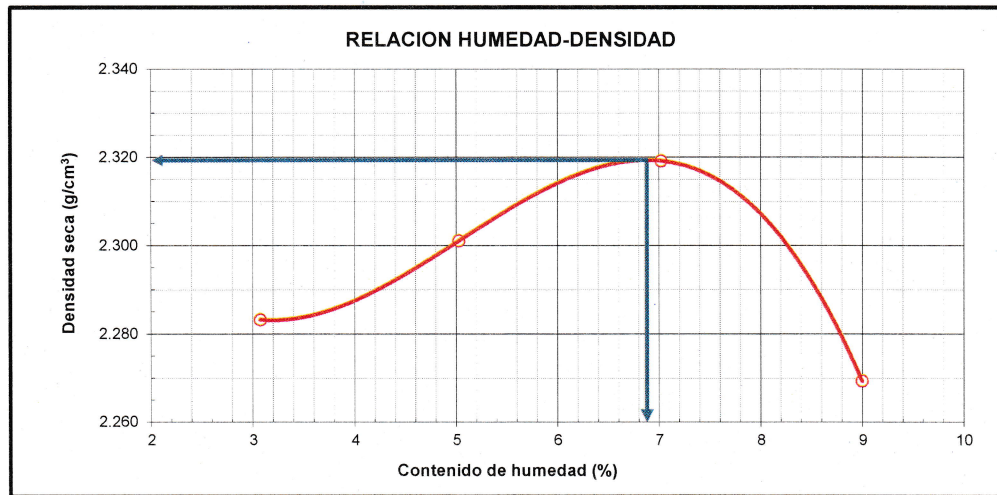
**ENSAYO DE COMPACTACION  
PROCTOR MODIFICADO  
ASTM D1557 - 12<sup>ed</sup>  
METODO "C"**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 29/10/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : PATRÓN (100% MATERIAL DE CANTERA SAN PEDRITO)  
**CANTERA** : SAN PEDRITO  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR  
**CLASF. (SUCS)** : SW-SM  
**CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

Masa Suelo + molde (g)	7971.00	8106.00	8245.00	8227.00	
Masa Molde (g)	2959.00	2959.00	2959.00	2959.00	
Masa Suelo (g)	5012.00	5147.00	5286.00	5268.00	
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2129.70	2129.70	2129.70	2129.70	
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.353	2.417	2.482	2.474	
Tara No.	A-06	A-07	X-02	Z-28	
Masa del Suelo Húmedo + Tara (g)	464.60	504.20	565.20	549.80	
Masa del Suelo Seco + Tara (g)	452.90	484.10	533.70	511.00	
Masa de Tara (g)	72.10	84.20	85.00	79.80	
Masa de Agua (g)	11.70	20.10	31.50	38.80	
Masa del Suelo Seco (g)	380.80	399.90	448.70	431.20	
Humedad (%)	3.07	5.03	7.02	9.00	
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.283	2.301	2.319	2.269	
<b>Densidad máxima (g/cm<sup>3</sup>)</b>					<b>2.319</b>
<b>Humedad óptima (%)</b>					<b>6.9</b>



Hecho por: K.A.J.



Revisado por: J.M.T

**GEOMG S.A.C.**  
*Jorge E. Morillo Trujillo*  
**Ing. Jorge E. Morillo Trujillo**  
CIP N° 68736



**INFORME N° GM-LB22-1653-01**

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 29/10/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : PATRON (100% MATERIAL DE CANTERA SAN PEDRITO)  
**CANTERA** : SAN PEDRITO  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR  
**CLASF. (SUCS)** : SW-SM  
**CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

**COMPACTACION**

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capas N°	56		25		10	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	13889.00	13918.00	13707.00	13767.00	13459.00	13569.00
Masa de molde (g)	8616.00	8616.00	8570.00	8570.00	8503.00	8503.00
Masa del suelo húmedo (g)	5273.00	5302.00	5137.00	5197.00	4956.00	5066.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2125.40	2125.40	2126.60	2126.60	2127.00	2127.00
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.481	2.495	2.416	2.444	2.330	2.382
Tara (N°)	G-03		G-05		G-12	
Masa suelo húmedo + tara (g)	523.80	5302.00	469.60	5197.00	444.50	5066.00
Masa suelo seco + tara (g)	495.70	4934.94	444.70	4808.18	421.20	4637.27
Masa de tara (g)	85.50	0.00	80.60	0.00	82.20	0.00
Masa de agua (g)	28.10	367.06	24.90	388.82	23.30	428.73
Masa de suelo seco (g)	410.20	4934.94	364.10	4808.18	339.00	4637.27
Contenido de humedad (%)	6.85	7.44	6.84	8.09	6.87	9.25
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.322	2.322	2.261	2.261	2.180	2.180

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
25/10/2022	11:10	00 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
26/10/2022	11:10	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
27/10/2022	11:10	48 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
28/10/2022	11:10	72 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
29/10/2022	11:10	96 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00

**PENETRACION**

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION	
			lb	lb		%	lb		lb	%
0.000		0			0			0		
0.025		128			157			163		
0.050		530			509			412		
0.075		1169			1041			758		
0.100	1000	1913	3347	110.9	1665	2573	85.3	1170	1499	49.7
0.125		2628			2291			1614		
0.150		3362			2908			2024		
0.175		4143			3549			2430		
0.200	1500	4973	6418	141.8	4203	5012	110.7	2810	2988	66.0
0.250		6486			5386			3489		
0.300		8074			6603			4154		
0.400		10849			8733			5324		
0.500		13923			10987			6424		

EJECUTADO: J.M.



Responsable:

**GEOMG S.A.C.**  
*Ing. Jorge E. Morillo Trujillo*  
CIP N° 68738

**INFORME N° GM-LB22-1653-02**

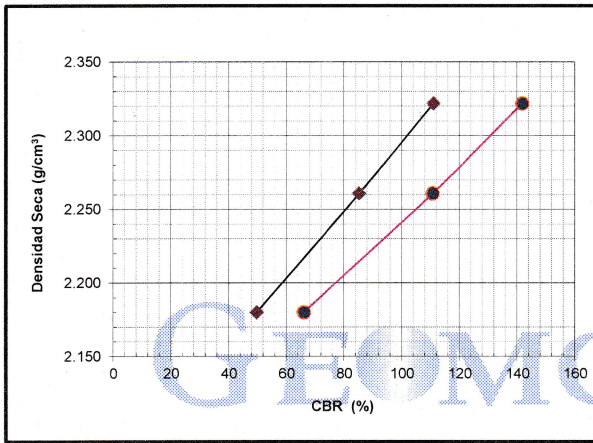
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

**MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 29/10/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : PATRÓN (100% MATERIAL DE CANTERA SAN PEDRITO)  
**CANTERA** : SAN PEDRITO  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR  
**CLASF. (SUCS)** : SW-SM  
**CLASF.(AASHTO)** : A-1-a (0)

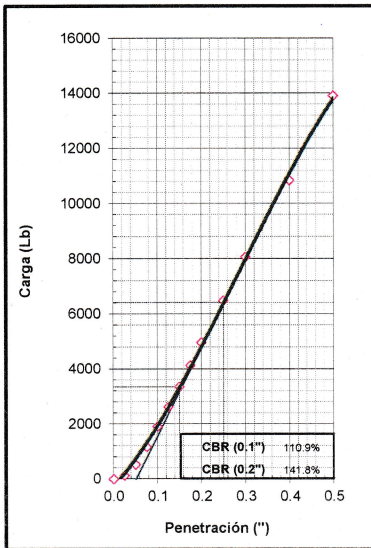


**METODO DE COMPACTACION** : ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 2.319  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 6.88

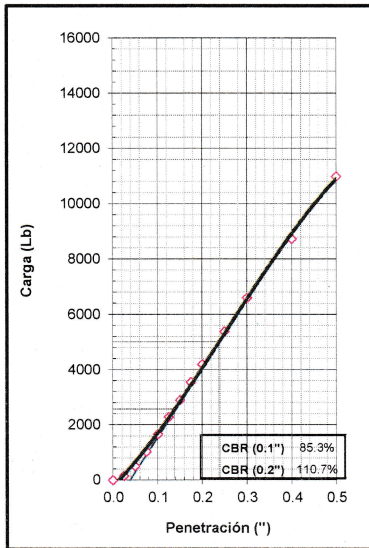
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	109.75	0.2":	140.38
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	59.94	0.2":	79.08

**OBSERVACIONES:**

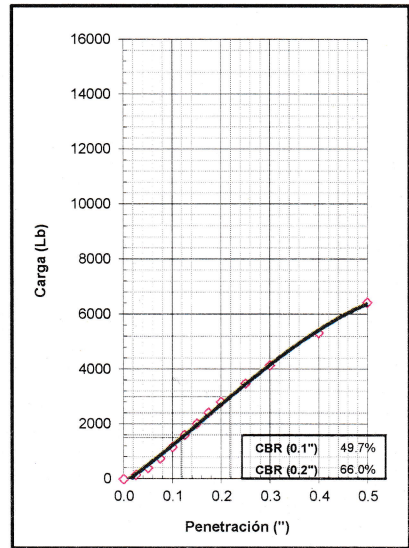
EC = 56 GOLPES



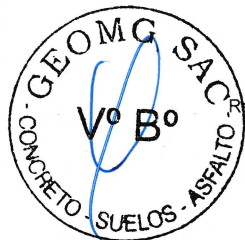
EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



EJECUTADO: J.M.



Responsable:

**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIF N° 68736



**INFORME N° GM-LB22-1676-03**

**ENSAYO DE COMPACTACION  
 PROCTOR MODIFICADO  
 ASTM D1557 - 12<sup>e1</sup>  
 METODO "C"**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"

**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA

**FECHA** : 31/10/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M1 (80% MATERIAL DE CANTERA SAN PEDRITO + 20% ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS)

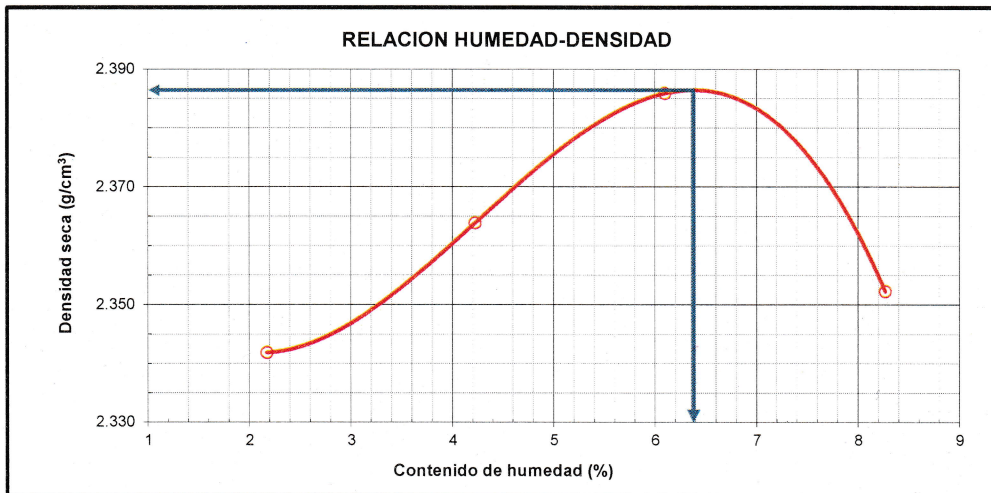
**CANTERA** : SAN PEDRITO

**CLASF. (SUCS)** : GW-GM

**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR

**CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

Masa Suelo + molde (g)	8055.00	8206.00	8350.00	8383.00	
Masa Molde (g)	2959.00	2959.00	2959.00	2959.00	
Masa Suelo (g)	5096.00	5247.00	5391.00	5424.00	
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2129.70	2129.70	2129.70	2129.70	
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.393	2.464	2.531	2.547	
Tara No.	S-04	G-03	G-12	G-05	
Masa del Suelo Húmedo + Tara (g)	494.70	514.70	588.70	463.00	
Masa del Suelo Seco + Tara (g)	486.10	497.30	559.60	433.80	
Masa de Tara (g)	90.80	85.40	82.20	80.70	
Masa de Agua (g)	8.60	17.40	29.10	29.20	
Masa del Suelo Seco (g)	395.30	411.90	477.40	353.10	
Humedad (%)	2.18	4.22	6.10	8.27	
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.342	2.364	2.386	2.352	
<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>					<b>2.386</b>
<b>Humedad óptima (%)</b>					<b>6.4</b>



Hecho por: K.A.J.



Revisado por: J.M.T.

**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68736

**INFORME N° GM-LB22-1676-01**

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 31/10/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : MI (80% MATERIAL DE CANTERA SAN PEDRITO + 20% ESCORIA DE HORNOS ELECTRICOS)  
**CANTERA** : SAN PEDRITO **CLASF. (SUCS)** : GW-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

**COMPACTACION**

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capas N°	56		25		10	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	13756.00	13828.00	13762.00	13876.00	13533.00	13682.00
Masa de molde (g)	8349.00	8349.00	8569.00	8569.00	8540.00	8540.00
Masa del suelo húmedo (g)	5407.00	5479.00	5193.00	5307.00	4993.00	5142.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2127.10	2127.10	2126.20	2126.20	2125.80	2125.80
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.542</b>	<b>2.576</b>	<b>2.442</b>	<b>2.496</b>	<b>2.349</b>	<b>2.419</b>
Tara (N°)	L-2		A-12		X-02	
Masa suelo húmedo + tara (g)	469.90	5479.00	508.30	5307.00	493.90	5142.00
Masa suelo seco + tara (g)	447.00	5085.64	483.00	4883.28	469.40	4693.98
Masa de tara (g)	84.60	0.00	84.10	0.00	84.80	0.00
Masa de agua (g)	22.90	393.36	25.30	423.72	24.50	448.02
Masa de suelo seco (g)	362.40	5085.64	398.90	4883.28	384.60	4693.98
Contenido de humedad (%)	6.32	7.73	6.34	8.68	6.37	9.54
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.391</b>	<b>2.391</b>	<b>2.297</b>	<b>2.297</b>	<b>2.208</b>	<b>2.208</b>

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
27/10/2022	11:10	00 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
28/10/2022	11:10	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
29/10/2022	11:10	48 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
30/10/2022	11:10	72 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
31/10/2022	11:10	96 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00

**PENETRACION**

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION	
		lb	lb	%	lb	lb	%	lb	lb	%
0.000		0			0			0		
0.025		94			251			160		
0.050		284			619			500		
0.075		778			1122			854		
0.100	1000	1727	3786	125.5	1595	2332	77.3	1204	1314	43.5
0.125		2812			2110			1733		
0.150		3709			2614			1896		
0.175		4667			3203			2155		
0.200	1500	5535	7382	163.1	3851	4509	99.6	2445	2586	57.1
0.250		7236			4841			3086		
0.300		8891			6028			3713		
0.400		11985			7999			4709		
0.500		14959			10005			5558		

EJECUTADO: J.M.



Responsable:

**GEOMG S.A.C.**  
*Jorge B. Morillo Trujillo*  
Ing. Jorge B. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738



INFORME N° GM-LB22-1676-02

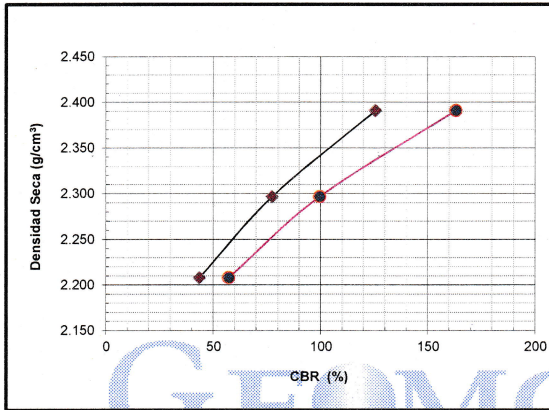
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

**MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 31/10/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M1 (80% MATERIAL DE CANTERA SAN PEDRITO + 20% ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS)  
**CANTERA** : SAN PEDRITO **CLASF. (SUCS)** : GW-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

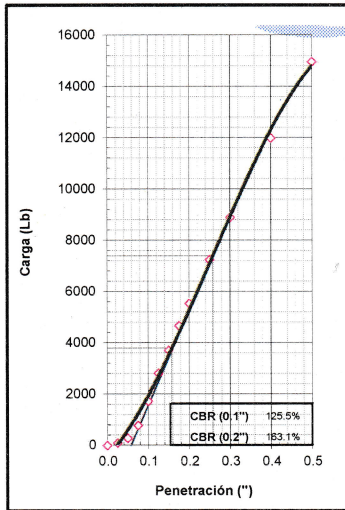


**METODO DE COMPACTACION** : ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 2.386  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 6.38

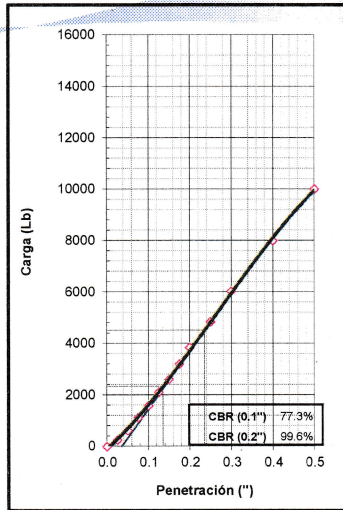
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	122.67	0.2"	159.35
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	64.60	0.2"	83.37

**OBSERVACIONES:**

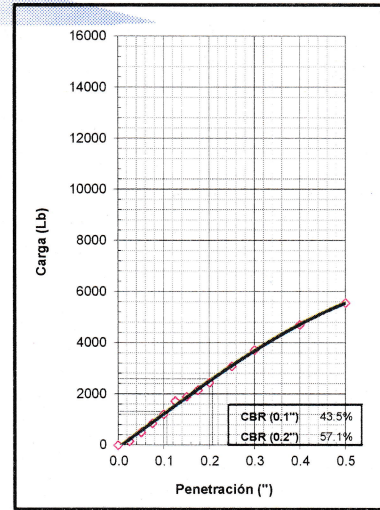
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



EJECUTADO: J.M.

Responsable:



GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738

**INFORME N° GM-LB22-1677-03**

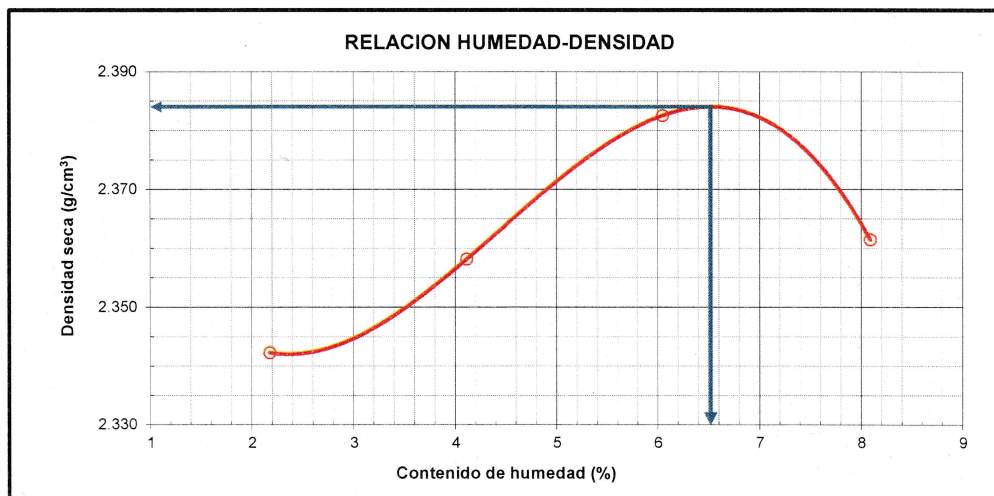
**ENSAYO DE COMPACTACION  
 PROCTOR MODIFICADO  
 ASTM D1557 - 12<sup>ed</sup>  
 METODO "C"**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 31/10/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M2 (80% MATERIAL DE CANTERA SAN PEDRITO + 20% ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS)  
**CANTERA** : SAN PEDRITO **CLASF. (SUCS)** : GW-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

Masa Suelo + molde (g)	8056.00	8188.00	8340.00	8395.00	
Masa Molde (g)	2959.00	2959.00	2959.00	2959.00	
Masa Suelo (g)	5097.00	5229.00	5381.00	5436.00	
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2129.70	2129.70	2129.70	2129.70	
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.393	2.455	2.527	2.552	
Tara No.	G-03	G-12	G-05	S-04	
Masa del Suelo Húmedo + Tara (g)	348.10	431.40	522.90	680.10	
Masa del Suelo Seco + Tara (g)	342.50	417.60	497.70	636.00	
Masa de Tara (g)	85.20	82.30	80.90	90.70	
Masa de Agua (g)	5.60	13.80	25.20	44.10	
Masa del Suelo Seco (g)	257.30	335.30	416.80	545.30	
Humedad (%)	2.18	4.12	6.05	8.09	
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.342	2.358	2.383	2.361	
				<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.384</b>
				<b>Humedad óptima (%)</b>	<b>6.5</b>



Hecho por: K.A.J.



Revisado por: J.M.T

**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738



**INFORME N° GM-LB22-1677-01**

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 31/10/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M2 (80% MATERIAL DE CANTERA SAN PEDRITO + 20% ESCORIA DE HORNOS ELECTRICOS)  
**CANTERA** : SAN PEDRITO **CLASF. (SUCS)** : GW-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

**COMPACTACION**

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capas N°	56		25		10	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	13092.00	13153.00	12881.00	12969.00	12665.00	12810.00
Masa de molde (g)	7778.00	7778.00	7692.00	7692.00	7713.00	7713.00
Masa del suelo húmedo (g)	5314.00	5375.00	5189.00	5277.00	4952.00	5097.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2095.00	2095.00	2124.00	2124.00	2114.00	2114.00
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.537</b>	<b>2.566</b>	<b>2.443</b>	<b>2.484</b>	<b>2.342</b>	<b>2.411</b>
Tara (N°)	A-06		R-13		A-07	
Masa suelo húmedo + tara (g)	417.90	5375.00	472.60	5277.00	627.40	5097.00
Masa suelo seco + tara (g)	397.10	4995.10	448.90	4871.72	593.30	4652.70
Masa de tara (g)	71.30	0.00	85.00	0.00	63.20	0.00
Masa de agua (g)	20.80	379.90	23.70	405.28	34.10	444.30
Masa de suelo seco (g)	325.80	4995.10	363.90	4871.72	530.10	4652.70
Contenido de humedad (%)	6.38	7.61	6.51	8.32	6.43	9.55
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.384</b>	<b>2.384</b>	<b>2.294</b>	<b>2.294</b>	<b>2.201</b>	<b>2.201</b>

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
27/10/2022	15:05	00 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
28/10/2022	15:05	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
29/10/2022	15:05	48 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
30/10/2022	15:05	72 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
31/10/2022	15:05	96 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00

**PENETRACION**

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION	
			lb	lb		%	lb		lb	%
0.000		0			0			0		
0.025		76			215			157		
0.050		455			980			520		
0.075		1621			1801			886		
0.100	1000	2726	3650	121.0	2487	2914	96.6	1286	1593	52.8
0.125		3618			3136			1717		
0.150		4377			3752			2094		
0.175		5329			4490			2562		
0.200	1500	6279	7234	159.8	6374	5791	127.9	2958	3174	70.1
0.250		7963			6812			3756		
0.300		9738			8241			4491		
0.400		12624			10112			5628		
0.500		15296			12451			6814		

EJECUTADO: J.M.



Responsable:

**GEOMG S.A.C.**  
*Jorge E. Morillo Trujillo*  
**Ing. Jorge E. Morillo Trujillo**  
CIP N° 68738

**INFORME N° GM-LB22-1677-02**

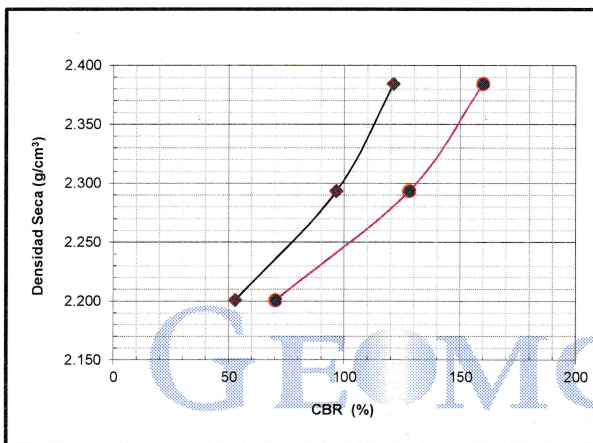
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

**MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 31/10/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M2 (80% MATERIAL DE CANTERA SAN PEDRITO + 20% ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS)  
**CANTERA** : SAN PEDRITO **CLASF. (SUCS)** : GW-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF.(AASHTO)** : A-1-a (0)

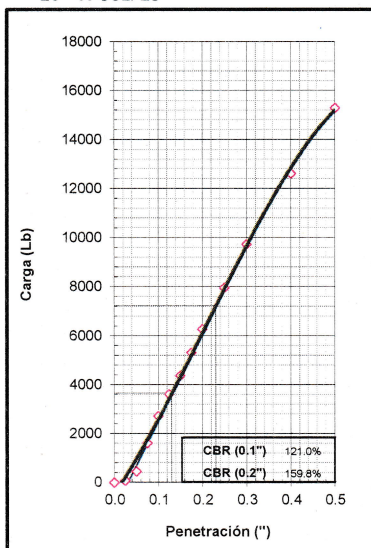


**METODO DE COMPACTACION** : ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 2.384  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 6.51

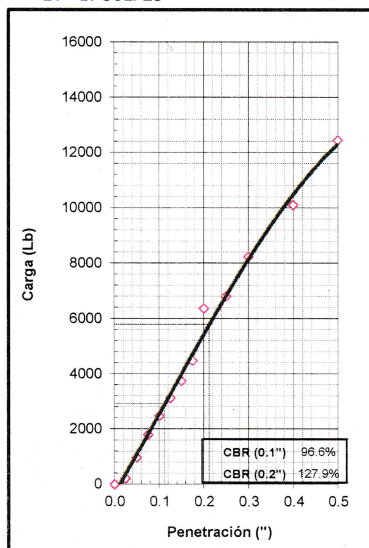
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	120.93	0.2"	159.78
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	84.99	0.2"	112.69

**OBSERVACIONES:**

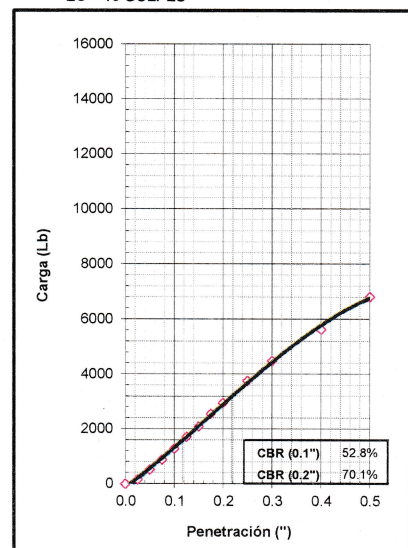
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



EJECUTADO: J.M.



Responsable:

**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738



**INFORME N° GM-LB22-1680-03**

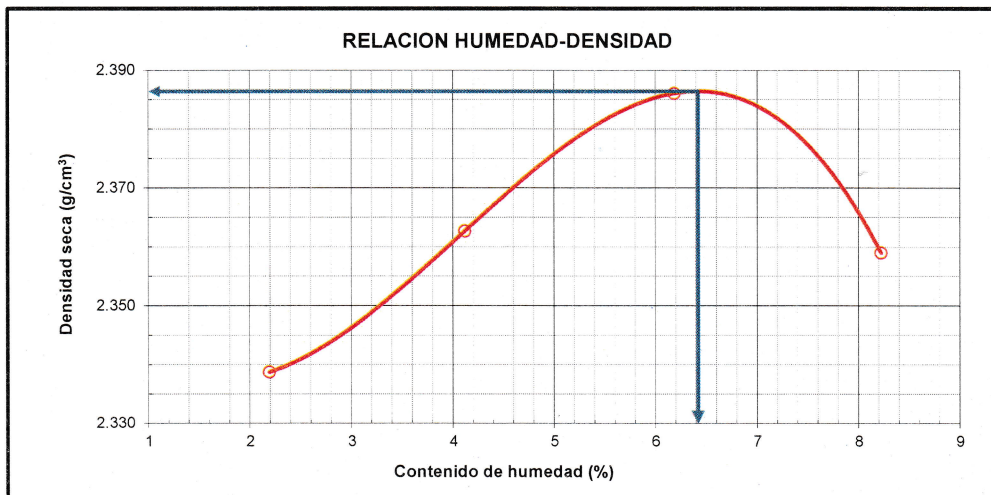
**ENSAYO DE COMPACTACION  
 PROCTOR MODIFICADO  
 ASTM D1557 - 12<sup>e1</sup>  
 METODO "C"**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 02/11/2022

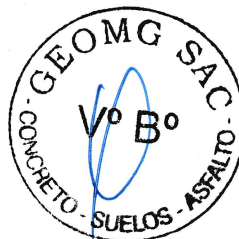
**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M3 (80% MATERIAL DE CANTERA SAN PEDRITO + 20% ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS)  
**CANTERA** : SAN PEDRITO **CLASF. (SUCS)** : GW-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

Masa Suelo + molde (g)	8049.00	8198.00	8355.00	8396.00	
Masa Molde (g)	2959.00	2959.00	2959.00	2959.00	
Masa Suelo (g)	5090.00	5239.00	5396.00	5437.00	
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2129.70	2129.70	2129.70	2129.70	
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.390	2.460	2.534	2.553	
Tara No.	S-04	X-02	A-12	G-03	
Masa del Suelo Húmedo + Tara (g)	459.20	524.60	465.20	513.20	
Masa del Suelo Seco + Tara (g)	451.30	507.20	443.00	480.70	
Masa de Tara (g)	90.90	84.60	84.10	85.40	
Masa de Agua (g)	7.90	17.40	22.20	32.50	
Masa del Suelo Seco (g)	360.40	422.60	358.90	395.30	
Humedad (%)	2.19	4.12	6.19	8.22	
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.339	2.363	2.386	2.359	
				<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.386</b>
				<b>Humedad óptima (%)</b>	<b>6.4</b>



Hecho por: K.A.J.



Revisado por: J.M.T

**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 OIR N° 68738

**INFORME N° GM-LB22-1680-01**

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 02/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M3 (80% MATERIAL DE CANTERA SAN PEDRITO + 20% ESCORIA DE HORNOS ELECTRICOS)  
**CANTERA** : SAN PEDRITO **CLASF. (SUCS)** : GW-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

**COMPACTACION**

	1		2		3	
Molde N°	5		5		5	
Capas N°	56		25		10	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	13164.00	13205.00	12477.00	12561.00	12946.00	13058.00
Masa de molde (g)	7812.00	7812.00	7270.00	7270.00	7963.00	7963.00
Masa del suelo húmedo (g)	5352.00	5393.00	5207.00	5291.00	4983.00	5095.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2106.00	2106.00	2113.00	2113.00	2104.25	2104.25
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.541</b>	<b>2.561</b>	<b>2.464</b>	<b>2.504</b>	<b>2.368</b>	<b>2.421</b>
Tara (N°)	A-06		R-13		A-07	
Masa suelo húmedo + tara (g)	417.90	5393.00	472.60	5291.00	627.40	5095.00
Masa suelo seco + tara (g)	397.10	5030.82	448.90	4888.62	593.30	4681.83
Masa de tara (g)	71.30	0.00	85.00	0.00	63.20	0.00
Masa de agua (g)	20.80	362.18	23.70	402.38	34.10	413.17
Masa de suelo seco (g)	325.80	5030.82	363.90	4888.62	530.10	4681.83
Contenido de humedad (%)	6.38	7.20	6.51	8.23	6.43	8.82
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.389</b>	<b>2.389</b>	<b>2.314</b>	<b>2.314</b>	<b>2.225</b>	<b>2.225</b>

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
29/10/2022	16:00	00 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
30/10/2022	16:00	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
31/10/2022	16:00	48 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
01/11/2022	16:00	72 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
02/11/2022	16:00	96 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00

**PENETRACION**

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION	
			lb	lb		%	lb		lb	%
0.000		0			0			0		
0.025		79			211			160		
0.050		473			960			529		
0.075		1684			1763			902		
0.100	1000	2831	3788	125.5	2435	2803	92.9	1309	1622	53.8
0.125		3757			3071			1748		
0.150		4545			3674			2131		
0.175		5571			4397			2608		
0.200	1500	6511	7508	165.9	5679	5592	123.6	3011	3231	71.4
0.250		8269			6670			3824		
0.300		10113			8069			4572		
0.400		13109			9901			5729		
0.500		15884			12191			6937		

EJECUTADO: J.M.



Responsable:

**GEOMG S.A.C.**  
*Jorge E. Morillo Trujillo*  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738



**INFORME N° GM-LB22-1680-02**

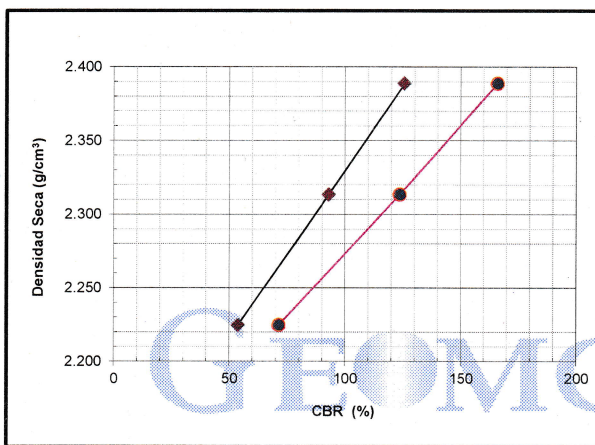
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

**MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 02/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M3 (80% MATERIAL DE CANTERA SAN PEDRITO + 20% ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS)  
**CANTERA** : SAN PEDRITO **CLASF. (SUCS)** : GW-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

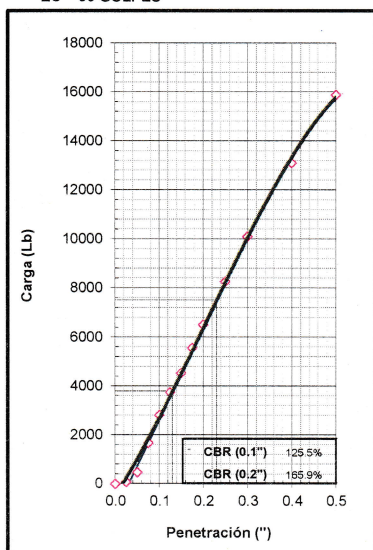


**METODO DE COMPACTACION** : ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 2.386  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 6.42

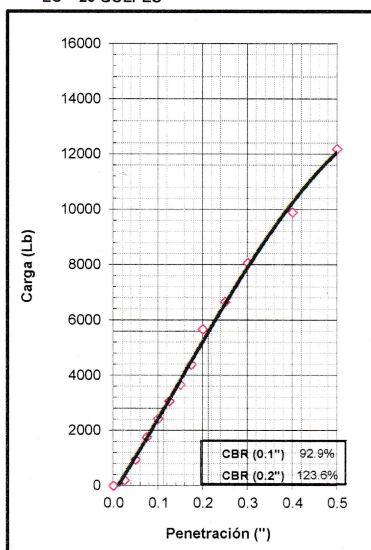
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 124.33	0.2": 164.35
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 72.29	0.2": 96.27

**OBSERVACIONES:**

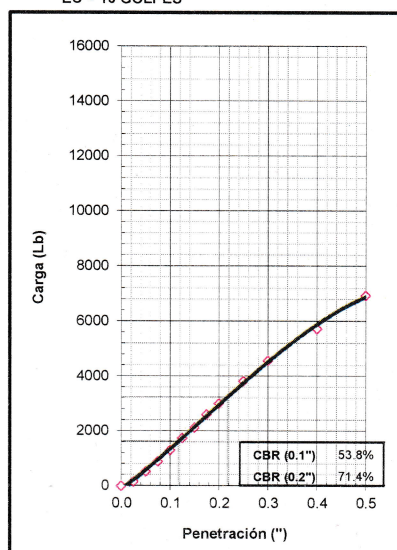
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



EJECUTADO: J.M.



Responsable:

**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIF N° 68738

**INFORME N° GM-LB22-1697-03**

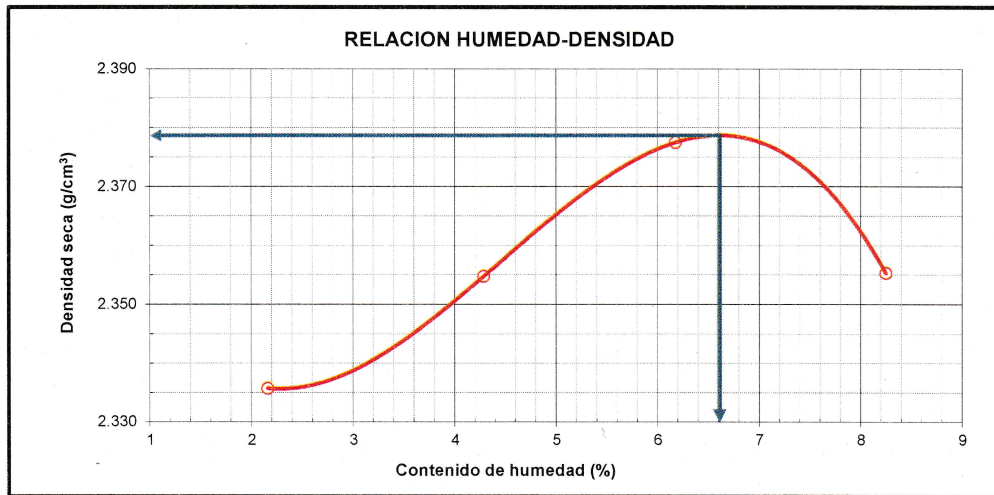
**ENSAYO DE COMPACTACION  
 PROCTOR MODIFICADO  
 ASTM D1557 - 12<sup>ed</sup>  
 METODO "C"**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 05/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M4 (80% MATERIAL DE CANTERA SAN PEDRITO + 20% ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS)  
**CANTERA** : SAN PEDRITO **CLASF. (SUCS)** : GW-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

Masa Suelo + molde (g)	8041.00	8189.00	8335.00	8389.00	
Masa Molde (g)	2959.00	2959.00	2959.00	2959.00	
Masa Suelo (g)	5082.00	5230.00	5376.00	5430.00	
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2129.70	2129.70	2129.70	2129.70	
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.386	2.456	2.524	2.550	
Tara No.	A-13	L-02	A-12	X-02	
Masa del Suelo Húmedo + Tara (g)	471.60	478.40	503.70	499.10	
Masa del Suelo Seco + Tara (g)	463.40	462.20	479.30	467.50	
Masa de Tara (g)	84.10	84.30	84.10	84.40	
Masa de Agua (g)	8.20	16.20	24.40	31.60	
Masa del Suelo Seco (g)	379.30	377.90	395.20	383.10	
Humedad (%)	2.16	4.29	6.17	8.25	
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.336	2.355	2.378	2.355	
<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>					<b>2.379</b>
<b>Humedad óptima (%)</b>					<b>6.6</b>



Hecho por: K.A.J.

Revisado por: J.M.T



**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738



**INFORME N° GM-LB22-1697-01**

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 05/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M4 (80% MATERIAL DE CANTERA SAN PEDRITO + 20% ESCORIA DE HORNOS ELECTRICOS)  
**CANTERA** : SAN PEDRITO **CLASF. (SUCS)** : GW-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

**COMPACTACION**

	1		2		3	
	5		5		5	
	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	13092.00	13153.00	12881.00	12969.00	12665.00	12810.00
Masa de molde (g)	7778.00	7778.00	7692.00	7692.00	7713.00	7713.00
Masa del suelo húmedo (g)	5314.00	5375.00	5189.00	5277.00	4952.00	5097.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2095.00	2095.00	2124.00	2124.00	2114.00	2114.00
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.537</b>	<b>2.566</b>	<b>2.443</b>	<b>2.484</b>	<b>2.342</b>	<b>2.411</b>
Tara (N°)	<b>A-06</b>		<b>R-13</b>		<b>A-07</b>	
Masa suelo húmedo + tara (g)	417.90	5375.00	472.60	5277.00	627.40	5097.00
Masa suelo seco + tara (g)	397.10	4995.10	448.90	4871.72	593.30	4652.70
Masa de tara (g)	71.30	0.00	85.00	0.00	63.20	0.00
Masa de agua (g)	20.80	379.90	23.70	405.28	34.10	444.30
Masa de suelo seco (g)	325.80	4995.10	363.90	4871.72	530.10	4652.70
Contenido de humedad (%)	6.38	7.61	6.51	8.32	6.43	9.55
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.384</b>	<b>2.384</b>	<b>2.294</b>	<b>2.294</b>	<b>2.201</b>	<b>2.201</b>

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
01/11/2022	15:25	00 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
02/11/2022	15:25	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
03/11/2022	15:25	48 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
04/11/2022	15:25	72 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
05/11/2022	15:25	96 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00

**PENETRACION**

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION	
			lb	lb		%	lb		lb	%
0.000		0			0			0		
0.025		81			228			166		
0.050		483			1038			551		
0.075		1718			1908			939		
0.100	1000	2888	3864	128.1	2635	3087	102.3	1363	1688	55.9
0.125		3833			3322			1820		
0.150		4637			3975			2218		
0.175		5684			4757			2714		
0.200	1500	6643	7660	169.2	6752	6135	135.5	3133	3363	74.3
0.250		8436			7217			3979		
0.300		10317			8730			4758		
0.400		13374			10712			5962		
0.500		16205			13190			7219		

EJECUTADO: J.M.



Responsable:

**GEOMG S.A.C.**  
*Ing. Jorge E. Morillo Trujillo*  
CIF N° 68736

**INFORME N° GM-LB22-1697-02**

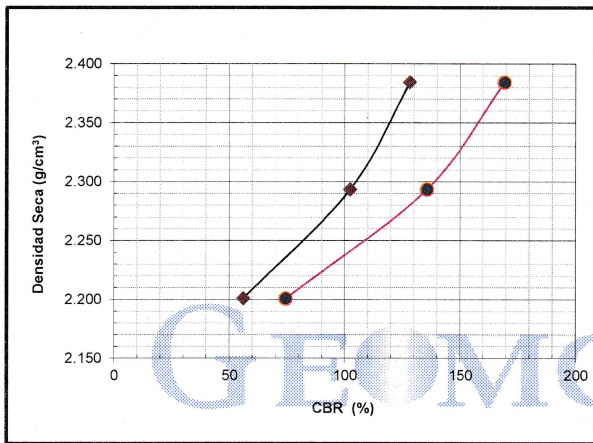
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

**MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 05/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M4 (80% MATERIAL DE CANTERA SAN PEDRITO + 20% ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS)  
**CANTERA** : SAN PEDRITO **CLASF. (SUCS)** : GW-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF.(AASHTO)** : A-1-a (0)

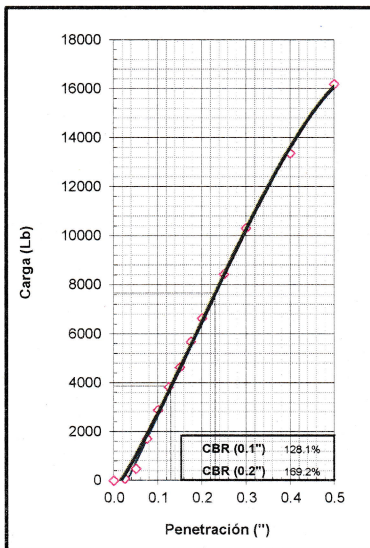


**METODO DE COMPACTACION** : ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 2.379  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 6.61

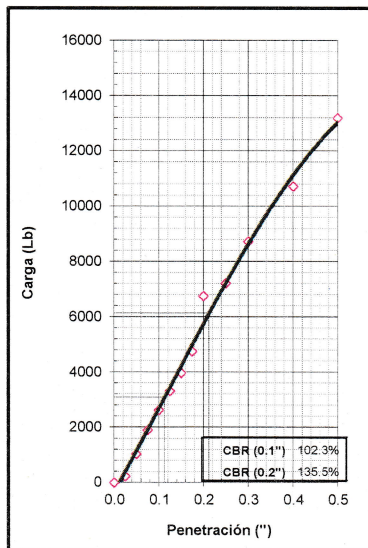
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 127.10	0.2": 167.99
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 87.84	0.2": 116.49

**OBSERVACIONES:**

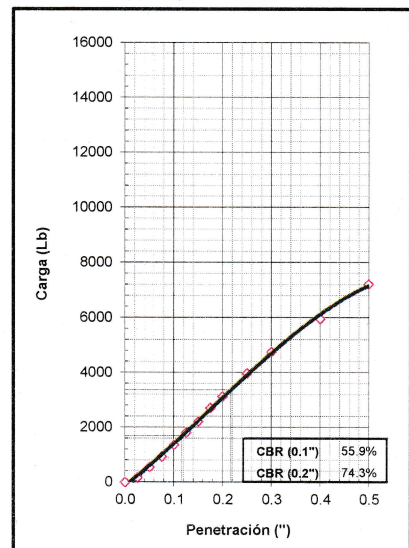
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



EJECUTADO: J.M.



Responsable:

**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738



**INFORME N° GM-LB22-1691-03**

**ENSAYO DE COMPACTACION  
 PROCTOR MODIFICADO  
 ASTM D1557 - 12<sup>ed</sup>  
 METODO "C"**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"

**SOLICITA** : TESISISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA

**FECHA** : 04/10/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M5 (80% MATERIAL DE CANTERA SAN PEDRITO + 20% ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS)

**CANTERA** : SAN PEDRITO

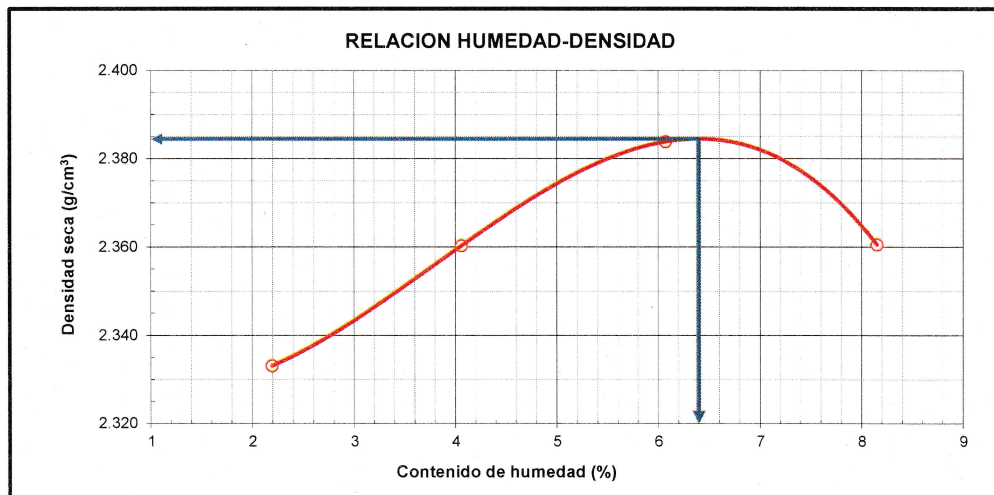
**CLASF. (SUCS)** : GW-GM

**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR

**CLASF. (AASHTO)**

: A-1-a (0)

Masa Suelo + molde (g)	8037.00	8190.00	8344.00	8396.00	
Masa Molde (g)	2959.00	2959.00	2959.00	2959.00	
Masa Suelo (g)	5078.00	5231.00	5385.00	5437.00	
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2129.70	2129.70	2129.70	2129.70	
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.384	2.456	2.529	2.553	
Tara No.	A-12	X-02	S-04	G-12	
Masa del Suelo Húmedo + Tara (g)	475.30	483.20	447.50	455.20	
Masa del Suelo Seco + Tara (g)	466.90	467.60	427.10	427.10	
Masa de Tara (g)	84.10	83.40	90.90	82.30	
Masa de Agua (g)	8.40	15.60	20.40	28.10	
Masa del Suelo Seco (g)	382.80	384.20	336.20	344.80	
Humedad (%)	2.19	4.06	6.07	8.15	
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.333	2.360	2.384	2.361	
					<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>
					<b>2.385</b>
					<b>Humedad óptima (%)</b>
					<b>6.4</b>



Hecho por: K.A.J.



Revisado por: J.M.T

**GEOMG S.A.C.**  
**Ing. Jorge E. Morillo Trujillo**  
 CIP N° 68734

**INFORME N° GM-LB22-1691-01**

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 04/10/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M5 (80% MATERIAL DE CANTERA SAN PEDRITO + 20% ESCORIA DE HORNOS ELECTRICOS)  
**CANTERA** : SAN PEDRITO **CLASF. (SUCS)** : GW-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

**COMPACTACION**

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capas N°	56		25		10	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	13756.00	13828.00	13762.00	13876.00	13533.00	13682.00
Masa de molde (g)	8349.00	8349.00	8569.00	8569.00	8540.00	8540.00
Masa del suelo húmedo (g)	5407.00	5479.00	5193.00	5307.00	4993.00	5142.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2127.10	2127.10	2126.20	2126.20	2125.80	2125.80
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.542	2.576	2.442	2.496	2.349	2.419
Tara (N°)	L-2		A-12		X-02	
Masa suelo húmedo + tara (g)	469.90	5479.00	508.30	5307.00	493.90	5142.00
Masa suelo seco + tara (g)	447.00	5085.64	483.00	4883.28	469.40	4693.98
Masa de tara (g)	84.60	0.00	84.10	0.00	84.80	0.00
Masa de agua (g)	22.90	393.36	25.30	423.72	24.50	448.02
Masa de suelo seco (g)	362.40	5085.64	398.90	4883.28	384.60	4693.98
Contenido de humedad (%)	6.32	7.73	6.34	8.68	6.37	9.54
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.391	2.391	2.297	2.297	2.208	2.208

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
31/10/2022	16:10	00 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
01/11/2022	16:10	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
02/11/2022	16:10	48 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
03/11/2022	16:10	72 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
04/11/2022	16:10	96 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00

**PENETRACION**

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION	
			lb	lb		%	lb		lb	%
0.000		0			0			0		
0.025		94			321			210		
0.050		286			792			652		
0.075		784			1436			1115		
0.100	1000	1740	3813	126.4	2042	2985	98.9	1572	1714	56.8
0.125		2832			2701			2261		
0.150		3735			3345			2474		
0.175		4700			4099			2812		
0.200	1500	5575	7434	164.3	4929	5772	127.5	3190	3374	74.5
0.250		7286			6197			4027		
0.300		8954			7715			4845		
0.400		12070			10238			6144		
0.500		15066			12807			7252		

EJECUTADO: J.M.



Responsable:

GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738



**INFORME N° GM-LB22-1691-02**

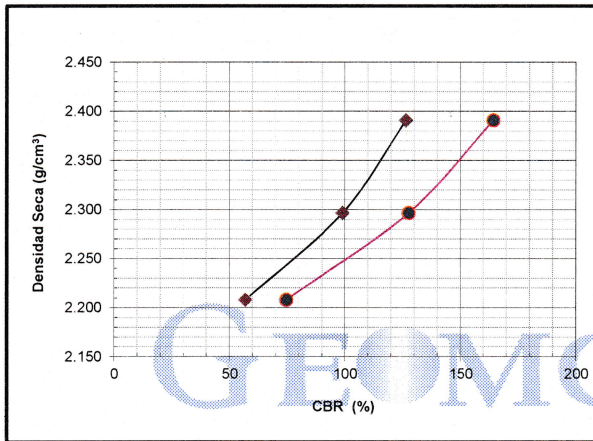
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

**MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 04/10/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M5 (80% MATERIAL DE CANTERA SAN PEDRITO + 20% ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS)  
**CANTERA** : SAN PEDRITO **CLASF. (SUCS)** : GW-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF.(AASHTO)** : A-1-a (0)

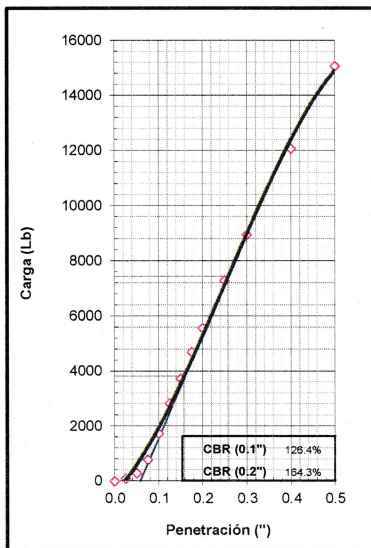


**METODO DE COMPACTACION** : ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 2.385  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 6.40

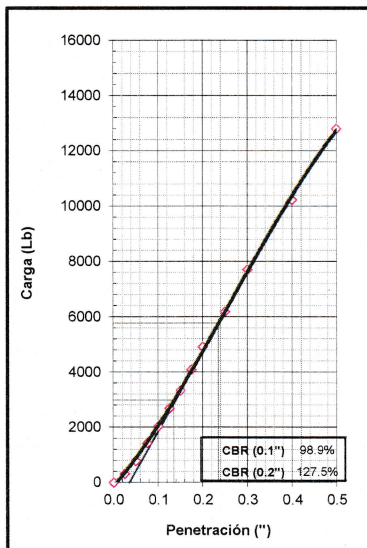
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	125.18	0.2":	162.56
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	86.01	0.2":	111.04

**OBSERVACIONES:**

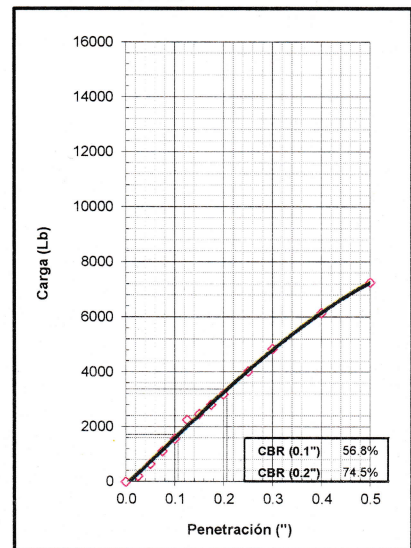
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



EJECUTADO: J.M.



Responsable:

**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738

**INFORME N° GM-LB22-1703-03**

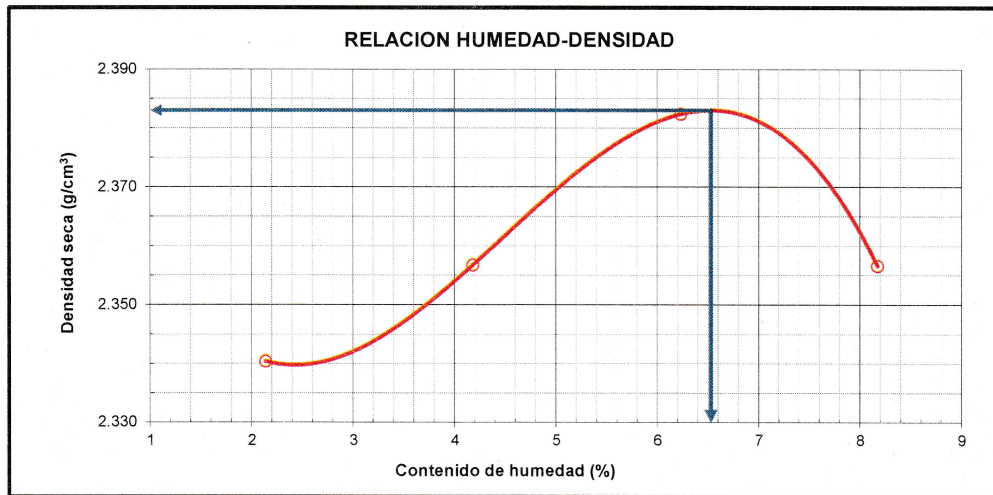
**ENSAYO DE COMPACTACION  
 PROCTOR MODIFICADO  
 ASTM D1557 - 12<sup>ed</sup>  
 METODO "C"**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 06/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M6 (80% MATERIAL DE CANTERA SAN PEDRITO + 20% ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS)  
**CANTERA** : SAN PEDRITO **CLASF. (SUCS)** : GW-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

Masa Suelo + molde (g)	8050.00	8188.00	8349.00	8388.00	
Masa Molde (g)	2959.00	2959.00	2959.00	2959.00	
Masa Suelo (g)	5091.00	5229.00	5390.00	5429.00	
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2129.70	2129.70	2129.70	2129.70	
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.390	2.455	2.531	2.549	
Tara No.	R-11	R-13	E-03	G-12	
Masa del Suelo Húmedo + Tara (g)	352.60	353.60	437.40	438.30	
Masa del Suelo Seco + Tara (g)	347.00	342.80	416.70	411.40	
Masa de Tara (g)	85.10	84.40	84.50	82.20	
Masa de Agua (g)	5.60	10.80	20.70	26.90	
Masa del Suelo Seco (g)	261.90	258.40	332.20	329.20	
Humedad (%)	2.14	4.18	6.23	8.17	
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.340	2.357	2.382	2.357	
<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>					2.383
<b>Humedad óptima (%)</b>					6.5



Hecho por: K.A.J.



Revisado por: J.M.T

GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge B. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738



**INFORME N° GM-LB22-1703-01**

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 06/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M6 (80% MATERIAL DE CANTERA SAN PEDRITO + 20% ESCORIA DE HORNOS ELECTRICOS)  
**CANTERA** : SAN PEDRITO **CLASF. (SUCS)** : GW-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

**COMPACTACION**

	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	13154.00	13205.00	12468.00	12547.00	12938.00	13046.00
Masa de molde (g)	7812.00	7812.00	7270.00	7270.00	7963.00	7963.00
Masa del suelo húmedo (g)	5342.00	5393.00	5198.00	5277.00	4975.00	5083.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2106.00	2106.00	2113.00	2113.00	2104.25	2104.25
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.537</b>	<b>2.561</b>	<b>2.460</b>	<b>2.497</b>	<b>2.364</b>	<b>2.416</b>
Tara (N°)	<b>G-04</b>		<b>R-13</b>		<b>G-12</b>	
Masa suelo húmedo + tara (g)	477.40	5393.00	408.40	5277.00	438.80	5083.00
Masa suelo seco + tara (g)	453.40	5016.02	388.80	4883.84	417.20	4673.57
Masa de tara (g)	84.10	0.00	84.10	0.00	82.30	0.00
Masa de agua (g)	24.00	376.98	19.60	393.16	21.60	409.43
Masa de suelo seco (g)	369.30	5016.02	304.70	4883.84	334.90	4673.57
Contenido de humedad (%)	6.50	7.52	6.43	8.05	6.45	8.76
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.382</b>	<b>2.382</b>	<b>2.311</b>	<b>2.311</b>	<b>2.221</b>	<b>2.221</b>

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
02/11/2022	16:55	00 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
03/11/2022	16:55	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
04/11/2022	16:55	48 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
05/11/2022	16:55	72 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
06/11/2022	16:55	96 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00

**PENETRACION**

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION	
			lb	lb		%	lb		lb	%
0.000		0			0			0		
0.025		81			226			172		
0.050		483			1029			567		
0.075		1718			1890			967		
0.100	1000	2888	3864	128.1	2611	3005	99.6	1404	1739	57.6
0.125		3832			3293			1875		
0.150		4637			3939			2286		
0.175		5683			4714			2796		
0.200	1500	6643	7659	169.2	6089	5996	132.5	3228	3465	76.6
0.250		8435			7152			4100		
0.300		10317			8652			4902		
0.400		13373			10616			6143		
0.500		16204			13071			7437		

EJECUTADO: J.M.



Responsable:

**GEOMG S.A.C.**  
*Ing. Jorge E. Morillo Trujillo*  
CIP N° 68738

**INFORME N° GM-LB22-1703-02**

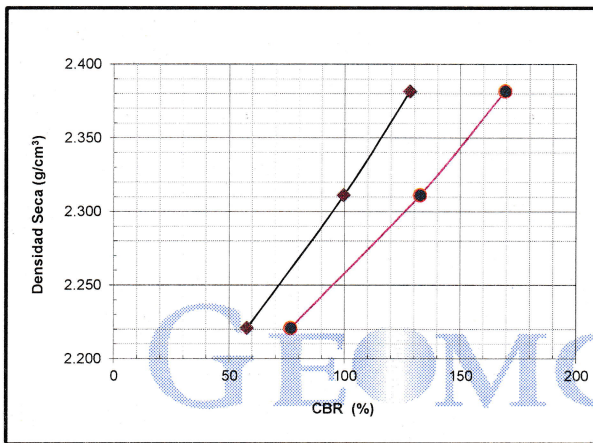
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

**MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 06/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M6 (80% MATERIAL DE CANTERA SAN PEDRITO + 20% ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS)  
**CANTERA** : SAN PEDRITO **CLASF. (SUCS)** : GW-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF.(AASHTO)** : A-1-a (0)

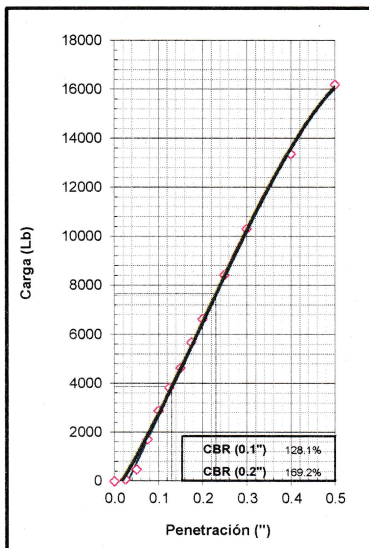


**METODO DE COMPACTACION** : ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 2.383  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 6.53

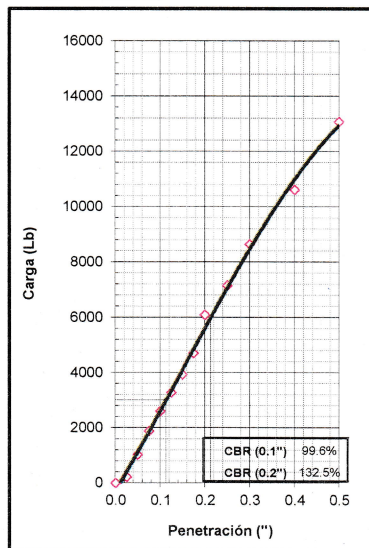
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 128.52	0.2": 169.83
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 78.32	0.2": 104.31

**OBSERVACIONES:**

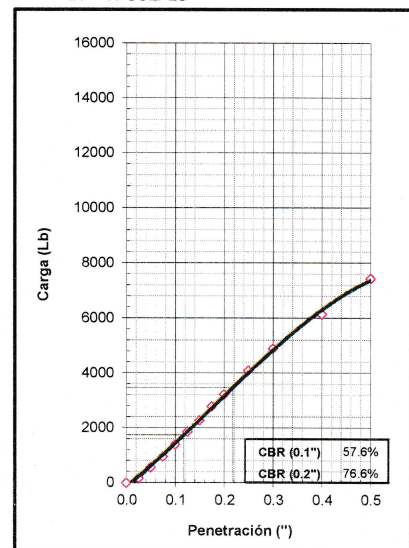
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



EJECUTADO: J.M.



Responsable:

**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS- NUEVO CHIMBOTE 2022  
**RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
Bach. Chávez Melo Zarela  
**FECHA:** Set-22

**ENSAYO DE PARTÍCULAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO GRUESO**  
**MTC E 210**

**Cantera:** San Pedrito  
**Material:** 100% de Material de Cantera  
**Uso** Base y Subbase granular

**A.- CON 1 CARA FRACTURADA**

Tamaño del Agregado		Muestra (g)	Material con caras fracturadas (g)	Caras fracturadas (%)	Retenido Gradación original (%)	Promedio Caras Fracturadas
Pasa Tamiz	Retenido en el Tamiz					
1 1/2"	1"	2004.3	2004.3	100.0	11.1	<b>1110.0</b>
1"	3/4"	1536.2	1536.2	100.0	6.1	<b>610.0</b>
3/4"	1/2"	1243.5	1239.8	99.7	7.5	<b>747.8</b>
1/2"	3/8"	316.8	316.8	100.0	6.8	<b>680.0</b>
<b>TOTAL</b>		<b>5,100.8</b>	<b>5097.1</b>			
<b>Porcentaje con 1 cara fracturada</b>			<b>99.9 %</b>			

**A.- CON 2 CARAS FRACTURADAS**

Tamaño del Agregado		Muestra (g)	Material con caras fracturadas (g)	Caras fracturadas (%)	Retenido Gradación original (%)	Promedio Caras Fracturadas
Pasa Tamiz	Retenido en el Tamiz					
1 1/2"	1"	2004.3	1936.80	96.6	11.1	<b>1072.6</b>
1"	3/4"	1536.2	1386.50	90.3	6.1	<b>550.6</b>
3/4"	1/2"	1243.5	1071.90	86.2	7.5	<b>646.5</b>
1/2"	3/8"	316.8	267.40	84.4	6.8	<b>574.0</b>
<b>TOTAL</b>		<b>5,100.8</b>	<b>4662.6</b>			
<b>Porcentaje con 2 caras fracturadas</b>			<b>90.3 %</b>			





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS- NUEVO CHIMBOTE 2022.

**RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
Bach. Chávez Melo Zarela

**FECHA:** Set-22

**ENSAYO DE PARTÍCULAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO GRUESO**  
**MTC E 210**

**Cantera:** San Pedrito  
**Material:** 80% de Material de Cantera + 20% de Escoria de Horno Eléctrico  
**Uso** Base y Subbase granular

**A.- CON 1 CARA FRACTURADA**

Tamaño del Agregado		Muestra (g)	Material con caras fracturadas (g)	Caras fracturadas (%)	Retenido Gradación original (%)	Promedio Caras Fracturadas
Pasa Tamiz	Retenido en el Tamiz					
1 1/2"	1"	2004.3	2004.3	100.0	8.9	<b>890.0</b>
1"	3/4"	1536.2	1536.2	100.0	4.9	<b>491.0</b>
3/4"	1/2"	1243.5	991.8	79.8	7.9	<b>630.9</b>
1/2"	3/8"	316.8	253.4	80.0	10.6	<b>851.2</b>
<b>TOTAL</b>		<b>5,100.8</b>	<b>4785.8</b>			
<b>Porcentaje con 1 cara fracturada</b>			<b>88.5 %</b>			

**A.- CON 2 CARAS FRACTURADAS**

Tamaño del Agregado		Muestra (g)	Material con caras fracturadas (g)	Caras fracturadas (%)	Retenido Gradación original (%)	Promedio Caras Fracturadas
Pasa Tamiz	Retenido en el Tamiz					
1 1/2"	1"	2004.3	1936.80	96.6	8.9	<b>860.0</b>
1"	3/4"	1536.2	1386.50	90.3	4.9	<b>443.2</b>
3/4"	1/2"	1243.5	857.52	69.0	7.9	<b>545.5</b>
1/2"	3/8"	316.8	213.92	67.5	10.6	<b>718.5</b>
<b>TOTAL</b>		<b>5,100.8</b>	<b>4394.7</b>			
<b>Porcentaje con 2 caras fracturadas</b>			<b>79.3 %</b>			





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE  
ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS  
ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022

**RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
Bach. Chávez Melo Zarela  
**FECHA:** Set-22

**ENSAYO DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS**  
**MTC E 223**

**Cantera:** San Pedrito  
**Material:** 100 % Material de Cantera  
**Uso** Base y Subbase granular

TAMIZ (Pulg)	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO		PESO DE PARTÍCULAS	CHATAS Y ALARGADAS (3:1)		
		PESO RET. GRAD. ORIG.	(%) RET.		PESO	(%)	(%) CORREGIDO
1"	25.400	2,300.14	35.34%	673.20	344.30	51.14%	18.07%
3/4"	19.000	1,254.75	19.28%	634.80	333.40	52.52%	10.13%
1/2"	12.700	1,550.10	23.82%	712.50	282.00	39.58%	9.43%
3/8"	9.500	1,403.36	21.56%	220.40	112.80	51.18%	11.04%
<b>PESO TOTAL DE LA MUESTRA:</b>		<b>6,508.35</b>					

**PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS**

**48.61%**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022  
**RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
Bach. Chávez Melo Zarela  
**FECHA:** Set-22

**ENSAYO DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS**  
**MTC E 223**

**Cantera:** San Pedrito  
**Material:** 80 % Material de Cantera + 20% de Escoria de Horno Eléctrico  
**Uso** Base y Subbase granular

TAMIZ (Pulg)	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO		PESO DE PARTÍCULAS	CHATAS Y ALARGADAS (3:1)		
		PESO RET. GRAD. ORIG.	(%) RET.		PESO	(%)	(%) CORREGIDO
1"	25.400	2,300.14	35.34%	684.70	280.14	40.91%	14.46%
3/4"	19.000	1,254.75	19.28%	643.90	270.54	42.02%	8.10%
1/2"	12.700	1,550.10	23.82%	734.60	232.60	31.66%	7.54%
3/8"	9.500	1,403.36	21.56%	260.10	106.50	40.95%	8.83%
<b>PESO TOTAL DE LA MUESTRA:</b>		<b>6,508.35</b>					

<b>PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS</b>	<b>38.88%</b>
--------------------------------------	---------------





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE  
ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS  
ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022

**RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
Bach. Chávez Melo Zarela

**FECHA:** Set-22

**ENSAYO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS**  
**MTC E 219**

**Cantera:** San Pedrito  
**Material:** 100 % Material de Cantera  
**Uso:** Base y Subbase granular

**AGREGADO FINO**

DESCRIPCION DE ENSAYOS	RESULTADO	NORMA
Sales Solubles Totales	4860 ppm	NTP 339.152.2002
Sales Solubles Totales	0.486 %	NTP 339.152.2002

**AGREGADO GRUESO**

DESCRIPCION DE ENSAYOS	RESULTADO	NORMA
Sales Solubles Totales	500 ppm	NTP 339.152.2002
Sales Solubles Totales	0.050 %	NTP 339.152.2002





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE  
ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS  
ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022

**RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
Bach. Chávez Melo Zarela  
**FECHA:** Set-22

**ENSAYO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS**  
**MTC E 219**

**Cantera:** San Pedrito  
**Material:** 80 % Material de Cantera + 20 % de Escoria de Horno Eléctrico  
**Uso:** Base y Subbase granular

**AGREGADO FINO**

DESCRIPCION DE ENSAYOS	RESULTADO	NORMA
Sales Solubles Totales	4890 ppm	NTP 339.152.2002
Sales Solubles Totales	0.489 %	NTP 339.152.2002

**AGREGADO GRUESO**

DESCRIPCION DE ENSAYOS	RESULTADO	NORMA
Sales Solubles Totales	480 ppm	NTP 339.152.2002
Sales Solubles Totales	0.048 %	NTP 339.152.2002





**Ensayos de Laboratorio**  
**Cantera Cambio Puente**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022

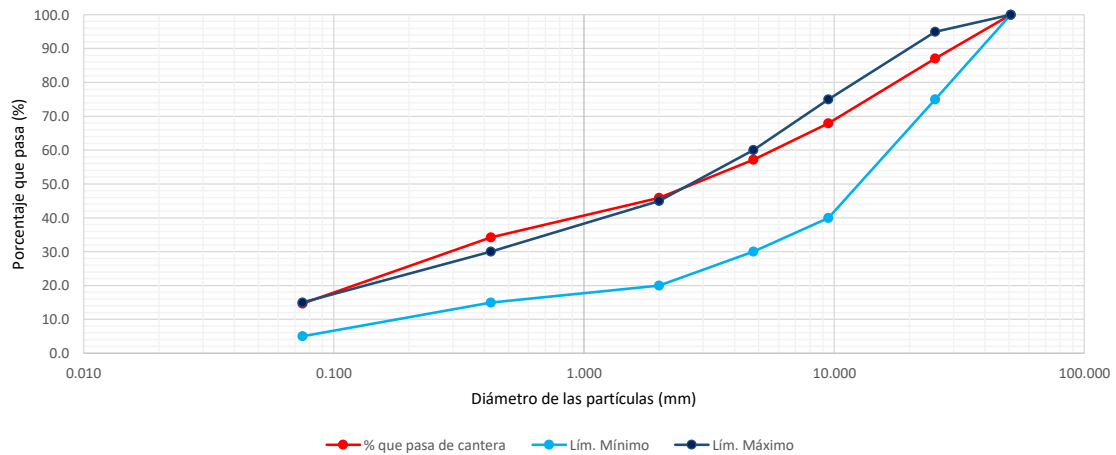
**RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
 Bach. Chávez Melo Zarela  
**FECHA:** Set-22

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
**MTC E-204**

**Cantera:** Cambio Puente **Tamaño Máximo:** 2"  
**Material:** 100% Material de Cantera **Peso Inicial Seco:** 20684.3 g  
**Uso:** Base y Subbase granular

Tamiz	Abertura (mm)	Pesos Retenidos (g)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulados (%)	Porcentaje que pasa	Límites Permisibles Gradación B		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
						Mím	Máx	
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Lím. Líquido: N.P. Lím. Plástico: N.P. Índ. Plástico: N.P. Clasificación SM SUCS: Clasificación AASHTO: A-1-b (0) Grava (%): 42.9 Arena (%): 42.5 Finos (%): 14.7
1 1/2"	38.100	767.5	3.7	3.7	96.3			
1"	25.400	1905.7	9.2	12.9	87.1	75	95	
3/4"	19.000	1220.6	5.9	18.8	81.2			
1/2"	12.500	1838.8	8.9	27.7	72.3			
3/8"	9.500	908.4	4.4	32.1	67.9	40	75	
N° 4	4.760	2224.3	10.8	42.9	57.1	30	60	
N°10	2.000	2326.9	11.2	54.1	45.9	20	45	
N°20	0.840	1577.7	7.6	61.7	38.3			
N° 40	0.425	838.6	4.1	65.8	34.2	15	30	
N° 60	0.260	475.5	2.3	68.1	31.9			
N° 100	0.150	1152.8	5.6	73.7	26.3			
N° 200	0.075	2412.0	11.7	85.3	14.7	5	15	
Cazoleta		3035.4	14.7	100.0	0.0			

**CURVA GRANULOMÉTRICA DE "CAMBIO PUENTE"**







**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

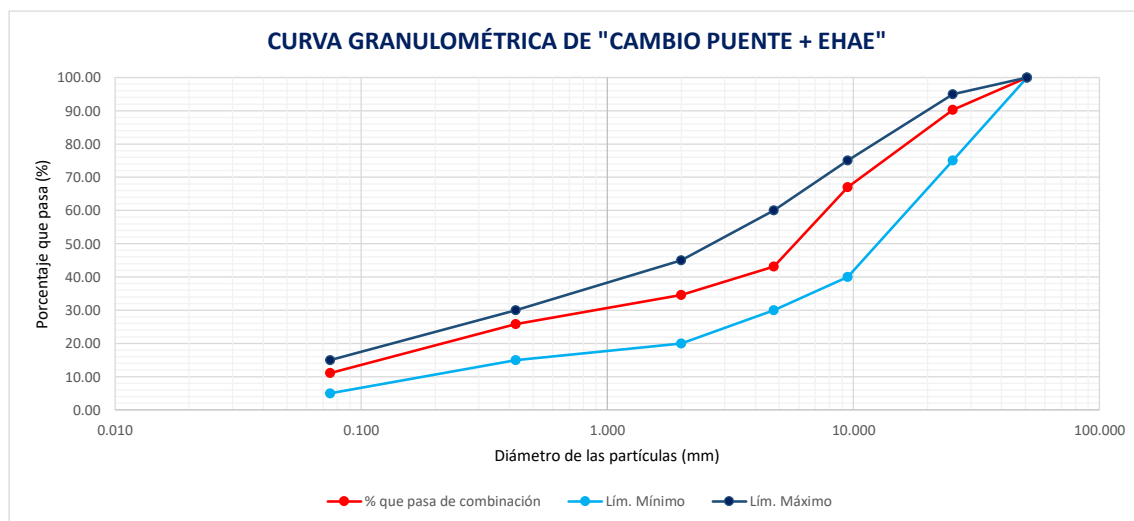
**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022

**RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
Bach. Chávez Melo Zarela  
**FECHA:** Set-22

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
**MTC E-204**

**Cantera:** Cambio Punte  
**Material:** 75% de Material de Cantera + 25% de Escoria de Hornos Eléctricos  
**Uso:** Base y Subbase granular  
**Tamaño Máximo:** 2"  
**Peso Inicial Seco:** 20668.0 g

Tamiz	Abertura (mm)	Pesos Retenidos (g)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulados (%)	Porcentaje que pasa	Límites Permisibles Gradación B		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
						Mím	Máx	
2"	50.800	0.00	0.0	0.0	100.00	100	100	Lím. Líquido: N.P. Lím. Plástico: N.P. Índ. Plástico: N.P. Clasificación SUCS: GP-GM Clasificación AASHTO: A-1-a (0) Grava (%): 56.9 Arena (%): 32.0 Finos (%): 11.1
1 1/2"	38.100	569.43	2.8	2.8	97.22			
1"	25.400	1413.95	6.9	9.7	90.31	75	95	
3/4"	19.000	919.02	4.5	14.2	85.82			
1/2"	12.500	1851.98	9.1	23.2	76.77			
3/8"	9.500	2004.84	9.8	33.0	66.97	40	75	
N° 4	4.760	4877.56	23.8	56.9	43.13	30	60	
N°10	2.000	1751.8	8.6	65.4	34.57	20	45	
N°20	0.840	1172.6	5.7	71.2	28.84			
N° 40	0.425	624.6	3.1	74.2	25.79	15	30	
N° 60	0.260	355.0	1.7	75.9	24.05			
N° 100	0.150	857.8	4.2	80.1	19.86			
N° 200	0.075	1795.2	8.8	88.9	11.09	5	15	
Cazoleta		2268.6	11.1	100.0	0.00			





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE  
ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS  
ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022

**RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
Bach. Chávez Melo Zarela  
**FECHA:** Set-22

**ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD**  
**MTC E - 110 / MTC E - 111**

**Cantera:** Cambio Puente  
**Material:** 100 % Material de Cantera  
**Uso** Base y Subbase granular

Descripción	Unidad
Número de Repeticiones	
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (A)	g
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	g
Peso de Recipiente (C)	g
Peso del Agua (A - B)	g
Peso del Suelo Seco (B-C)	g
Contenido de Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100]$	%
Número de Golpes	

Material Pasante Tamiz N° 40	
Límite Líquido	Límite Plástico
<i>NP</i>	<i>NP</i>

Resultados Obtenidos	Límites de Consistencia		índice Plástico
	Líquido	Plástico	
	N.P	N.P	N.P





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE  
ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS  
ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022

**RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
Bach. Chávez Melo Zarela  
**FECHA:** Set-22

**ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD**  
**MTC E - 110 / MTC E - 111**

**Cantera:** Cambio Puente  
**Material:** 80 % Material de Cantera + 20% de Escoria de Horno Eléctrico  
**Uso** Base y Subbase granular

Descripción	Unidad	Material Pasante Tamiz N° 40	
		Límite Líquido	Límite Plástico
Número de Repeticiones			
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (A)	g	<b>NP</b>	<b>NP</b>
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	g		
Peso de Recipiente (C)	g		
Peso del Agua (A - B)	g		
Peso del Suelo Seco (B-C)	g		
Contenido de Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100]$	%		
Número de Golpes			

Resultados Obtenidos	Límites de Consistencia		índice Plástico
	Líquido	Plástico	
	N.P	N.P	





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022	<b>RESPONSABLES:</b>	Bach. Chacón Silva Paola Bach. Chávez Melo Zarela
		<b>FECHA:</b>	Set-22

**ENSAYO DE ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES**  
**MTC E-207**

<b>Cantera:</b>	Cambio Puente
<b>Material:</b>	100 % Material de Cantera
<b>Uso</b>	Base y Subbase granular

GRADACIÓN		"A"	"B"	"C"	"D"
ESFERAS		12	11	8	6
1 1/2"	1"	1250.7			
1"	3/4"	1250.02			
3/4"	1/2"	1250.84			
1/2"	3/8"	1250.82			
<b>Peso Muestra</b>		<b>5002.38</b>			
Peso retenido tamiz N°12		3841			
Peso pasante tamiz N°12					
% DESGASTE		23.22			
<b>PROMEDIO (%)</b>				<b>23.22</b>	





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE  
ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS  
ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022

**RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
Bach. Chávez Melo Zarela  
**FECHA:** Set-22

**ENSAYO DE ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES**  
**MTC E-207**

**Cantera:** Cambio Puente  
**Material:** 75 % Material de Cantera + 25 % EHAE  
**Uso:** Base y Subbase granular

GRADACIÓN		"A"	"B"	"C"	"D"
ESFERAS		12	11	8	6
1 1/2"	1"	1250.85			
1"	3/4"	1250.6			
3/4"	1/2"	1250.61			
1/2"	3/8"	1250.22			
<b>Peso Muestra</b>		<b>5002.28</b>			
Peso retenido tamiz N°12		3932			
Peso pasante tamiz N°12					
% DESGASTE		21.40			
<b>PROMEDIO (%)</b>				<b>21.40</b>	





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE  
ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS  
ELÉCTRICOS- NUEVO CHIMBOTE 2022

**RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
Bach. Chávez Melo Zarela

**FECHA:** Set-22

**ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA**  
**MTC E-114**

**Cantera:** Cambio Puente  
**Material:** 100% de Material de Cantera  
**Uso:** Base y Subbase granular

**DATOS DE LA MUESTRA**

ITEM	DESCRIPCIÓN	ENSAYOS		
1	Tamaño Máximo (mm)	4.76	4.76	4.76
2	Muestra N°	1	2	3
3	Saturación (hora inicial)	15:00	15:02	15:04
4	Saturación (hora final)	15:10	15:12	15:14
5	Prueba de ensayo ( hora inicial)	15:12	15:14	15:16
6	Prueba de ensayo ( hora final)	15:32	15:34	15:36
7	Altura Máxima de Material Fino (pulg)	13.17	13.15	13.21
8	Altura Máxima de la Arena (pulg)	2.85	2.87	2.81
9	Equivalente de Arena (%)	21.7 %	21.9 %	21.4 %
10	Equivalente de Arena Promedio (%)	22 %		





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE  
ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS  
ELÉCTRICOS- NUEVO CHIMBOTE 2022

**RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
Bach. Chávez Melo Zarela

**FECHA:** Set-22

**ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA**  
**MTC E-114**

**Cantera:** Cambio Puente

**Material:** 75% de Material de Cantera + 25% Escoria de Horno Eléctrico

**Uso:** Base y Subbase granular

**DATOS DE LA MUESTRA**

ITEM	DESCRIPCIÓN	ENSAYOS		
1	Tamaño Máximo (mm)	4.76	4.76	4.76
2	Muestra N°	1	2	3
3	Saturación (hora inicial)	16:25	16:27	16:29
4	Saturación (hora final)	16:35	16:37	16:39
5	Prueba de ensayo ( hora inicial)	16:37	16:39	16:41
6	Prueba de ensayo ( hora final)	16:57	16:59	17:01
7	Altura Máxima de Material Fino (pulg)	10.56	10.45	10.92
8	Altura Máxima de la Arena (pulg)	3.47	3.39	3.41
9	Equivalente de Arena (%)	32.9%	32.4%	31.2%
10	Equivalente de Arena Promedio (%)		33%	



**INFORME N° GM-LB22-1685-03**

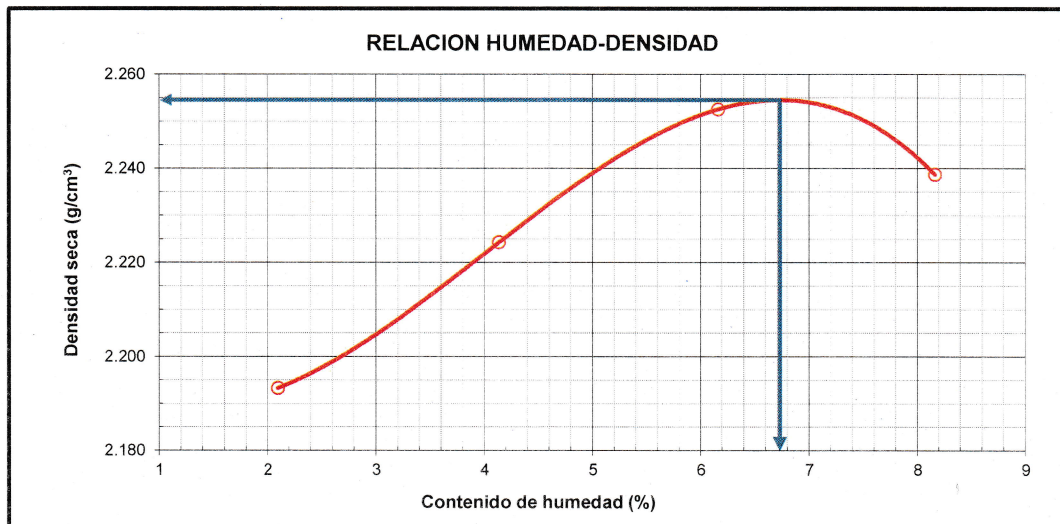
**ENSAYO DE COMPACTACION  
 PROCTOR MODIFICADO  
 ASTM D1557 - 12<sup>É1</sup>  
 METODO "C"**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 02/11/2022

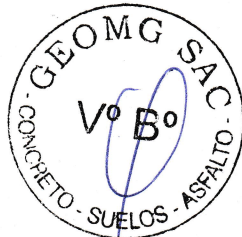
**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : PATRÓN (100% MATERIAL DE CANTERA CAMBIO PUENTE)  
**CANTERA** : CAMBIO PUENTE **CLASF. (SUCS)** : SM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF. (AASHTO)** : A-1-b (0)

Masa Suelo + molde (g)	7728.00	7892.00	8052.00	8116.00	
Masa Molde (g)	2959.00	2959.00	2959.00	2959.00	
Masa Suelo (g)	4769.00	4933.00	5093.00	5157.00	
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2129.70	2129.70	2129.70	2129.70	
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.239	2.316	2.391	2.421	
Tara No.	S-04	G-10	A-06	A-12	
Masa del Suelo Húmedo + Tara (g)	572.60	533.40	458.70	525.60	
Masa del Suelo Seco + Tara (g)	562.60	515.60	436.20	492.30	
Masa de Tara (g)	85.70	85.20	71.10	84.40	
Masa de Agua (g)	10.00	17.80	22.50	33.30	
Masa del Suelo Seco (g)	476.90	430.40	365.10	407.90	
Humedad (%)	2.10	4.14	6.16	8.16	
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.193	2.224	2.253	2.239	
				<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.255
				<b>Humedad óptima (%)</b>	6.7



Hecho por: K.A.J.



Revisado por: J.M.T

**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIE N° 68736



INFORME N° GM-LB22-1685-01

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
**MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 02/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : PATRÓN (100% MATERIAL DE CANTERA CAMBIO PUENTE)  
**CANTERA** : CAMBIO PUENTE **CLASF. (SUCS)** : SM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF. (AASHTO)** : A-1-b (0)

**COMPACTACION**

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capas N°	56		25		10	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	13719.00	13796.00	13508.00	13631.00	13287.00	13439.00
Masa de molde (g)	8616.00	8616.00	8570.00	8570.00	8503.00	8503.00
Masa del suelo húmedo (g)	5103.00	5180.00	4938.00	5061.00	4784.00	4936.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2125.40	2125.40	2126.60	2126.60	2127.00	2127.00
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.401	2.437	2.322	2.380	2.249	2.321
Tara (N°)	G-10		A-06		X-02	
Masa suelo húmedo + tara (g)	488.50	5180.00	494.80	5061.00	487.30	4936.00
Masa suelo seco + tara (g)	463.80	4790.47	468.70	4633.82	462.30	4485.60
Masa de tara (g)	85.20	0.00	71.10	0.00	86.50	0.00
Masa de agua (g)	24.70	389.53	26.10	427.18	25.00	450.40
Masa de suelo seco (g)	378.60	4790.47	397.60	4633.82	375.80	4485.60
Contenido de humedad (%)	6.52	8.13	6.56	9.22	6.65	10.04
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.254	2.254	2.179	2.179	2.109	2.109

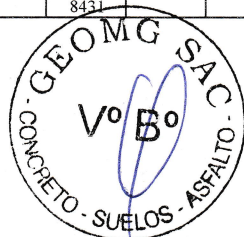
**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
29/10/2022	15:30	00 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
30/10/2022	15:30	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
31/10/2022	15:30	48 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
01/11/2022	15:30	72 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
02/11/2022	15:30	96 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00

**PENETRACION**

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		lb	lb	lb	%	lb	lb	lb	%	lb	lb	lb	%
0.000		0				0				0			
0.025		416				55				56			
0.050		1153				338				104			
0.075		1665				624				215			
0.100	1000	2103	2051	68.0		937	1334	44.2		472	558	18.5	
0.125		2524				1275				635			
0.150		2928				1602				776			
0.175		3352				1890				912			
0.200	1500	3829	3874	85.6		2191	2607	57.6		1022	1114	24.6	
0.250		4747				2863				1287			
0.300		5558				3496				1534			
0.400		7034				4665				2030			
0.500		8431				5770				2483			

EJECUTADO: J.M.



Responsable:

**GEOMG S.A.C.**  
*Jorge E. Morillo Trujillo*  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68758

**INFORME N° GM-LB22-1685-02**

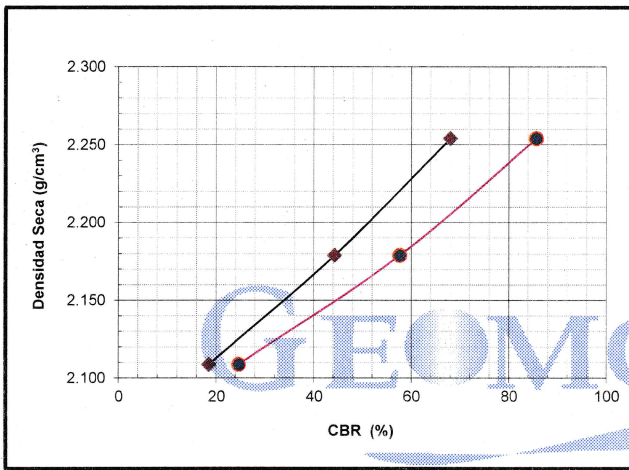
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

**MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 02/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : PATRÓN (100% MATERIAL DE CANTERA CAMBIO PUENTE)  
**CANTERA** : CAMBIO PUENTE  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR  
**CLASF. (SUCS)** : SM  
**CLASF.(AASHTO)** : A-1-b (0)

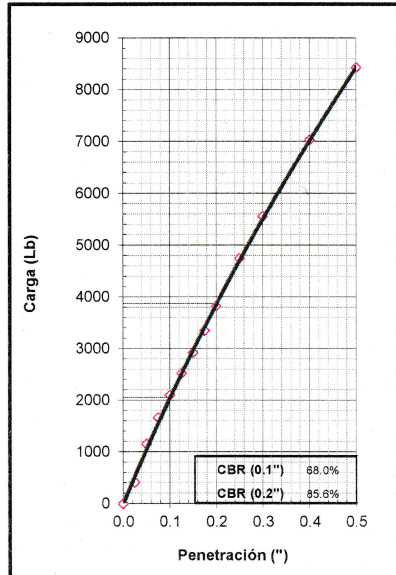


**METODO DE COMPACTACION** : ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 2.255  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 6.73

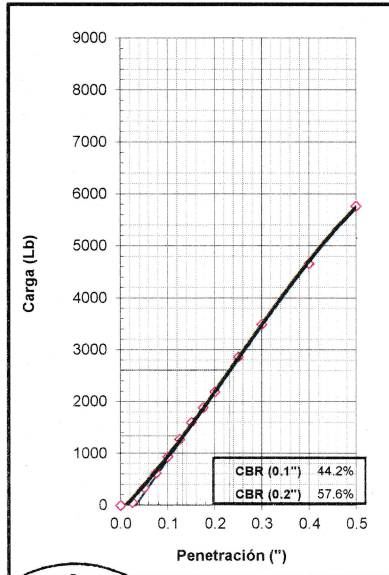
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	68.28	0.2":	85.95
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	31.16	0.2":	41.14

**OBSERVACIONES:**

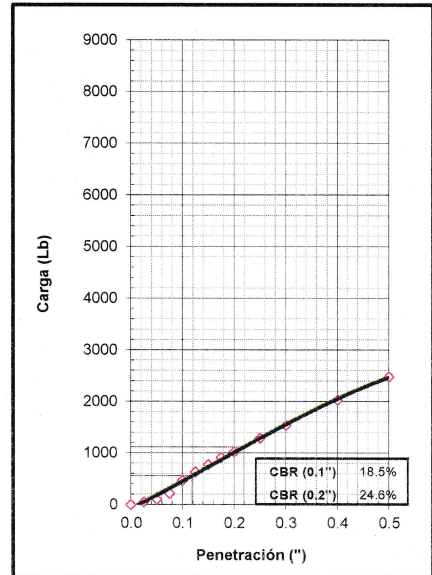
EC = 56 GOLPES



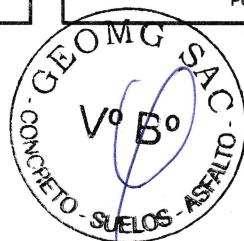
EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



EJECUTADO: J.M.



Responsable:

**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIF N° 68736



**INFORME N° GM-LB22-1711-03**

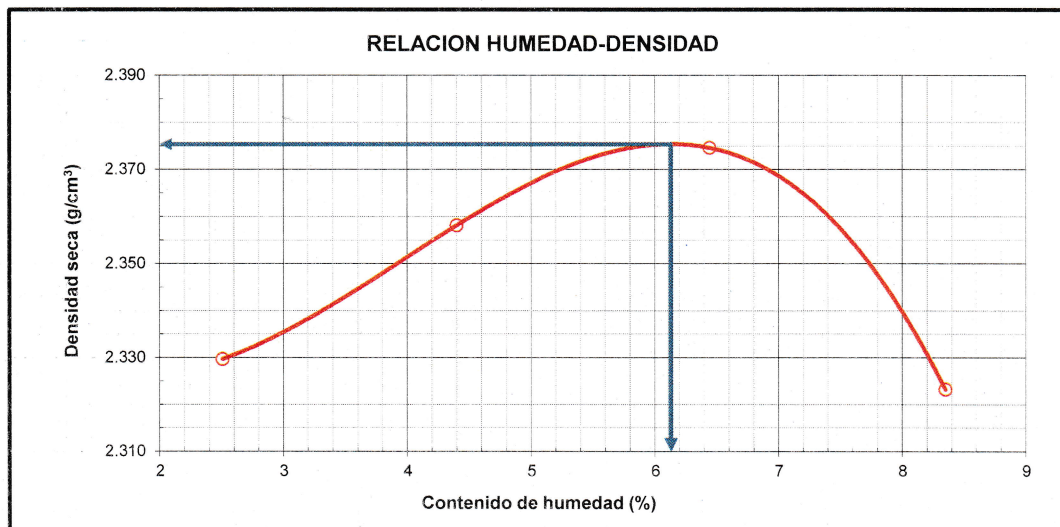
**ENSAYO DE COMPACTACION  
 PROCTOR MODIFICADO  
 ASTM D1557 - 12<sup>ε1</sup>  
 METODO "C"**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 08/11/2022

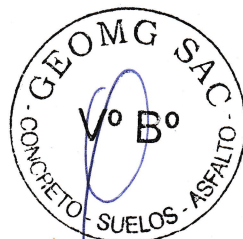
**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M1 (75% MATERIAL DE CANTERA CAMBIO PUENTE + 25% ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICOS)  
**CANTERA** : CAMBIO PUENTE **CLASF. (SUCS)** : GP-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

Masa Suelo + molde (g)	8045.00	8202.00	8342.00	8320.00
Masa Molde (g)	2959.00	2959.00	2959.00	2959.00
Masa Suelo (g)	5086.00	5243.00	5383.00	5361.00
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2129.70	2129.70	2129.70	2129.70
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.388	2.462	2.528	2.517
Tara No.	R-13	G-12	G-04	R-4
Masa del Suelo Húmedo + Tara (g)	420.20	441.00	524.40	609.30
Masa del Suelo Seco + Tara (g)	412.00	425.90	497.80	569.40
Masa de Tara (g)	84.90	82.60	84.90	91.50
Masa de Agua (g)	8.20	15.10	26.60	39.90
Masa del Suelo Seco (g)	327.10	343.30	412.90	477.90
Humedad (%)	2.51	4.40	6.44	8.35
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.330	2.358	2.375	2.323
<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>				2.375
<b>Humedad óptima (%)</b>				6.1



Hecho por: K.A.J.



Revisado por: J.M.T

**GEOMG S.A.C.**

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738

INFORME N° GM-LB22-1711-01

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
**MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 08/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M1 (75% MATERIAL DE CANTERA CAMBIO PUENTE + 25% ESCORIA DE HORNOS ELECTRICOS)  
**CANTERA** : CAMBIO PUENTE **CLASF. (SUCS)** : GP-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

**COMPACTACION**

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capas N°	56		25		10	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	13742.00	13844.00	13723.00	13864.00	13440.00	13635.00
Masa de molde (g)	8349.00	8349.00	8569.00	8569.00	8540.00	8540.00
Masa del suelo húmedo (g)	5393.00	5495.00	5154.00	5295.00	4900.00	5095.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2127.10	2127.10	2126.20	2126.20	2125.80	2125.80
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.535	2.583	2.424	2.490	2.305	2.397
Tara (N°)	E-03		X-01		R-11	
Masa suelo húmedo + tara (g)	477.90	5495.00	461.00	5295.00	452.00	5095.00
Masa suelo seco + tara (g)	455.20	5079.90	439.70	4857.62	431.20	4617.12
Masa de tara (g)	86.90	0.00	90.60	0.00	91.70	0.00
Masa de agua (g)	22.70	415.10	21.30	437.38	20.80	477.88
Masa de suelo seco (g)	368.30	5079.90	349.10	4857.62	339.50	4617.12
Contenido de humedad (%)	6.16	8.17	6.10	9.00	6.13	10.35
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.388	2.388	2.285	2.285	2.172	2.172

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
04/11/2022	17:00	00 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
05/11/2022	17:00	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
06/11/2022	17:00	48 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
07/11/2022	17:00	72 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
08/11/2022	17:00	96 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00

**PENETRACION**

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION
		lb	lb	%	lb	lb	%	lb	lb	%
0.000		0			0			0		
0.025		222			164			153		
0.050		1087			673			417		
0.075		1869			1146			645		
0.100	1000	2617	2801	92.8	1590	1797	59.6	880	884	29.3
0.125		3294			1837			1071		
0.150		3921			2369			1306		
0.175		4629			2817			1547		
0.200	1500	5333	5593	123.6	3251	3560	78.7	1764	1735	38.3
0.250		6660			4141			2190		
0.300		8115			5040			2504		
0.400		10430			6581			3179		
0.500		12590			7899			3927		

EJECUTADO: J.M.



Responsable:

GEOMG S.A.C.  
*Jorge E. Morillo Trujillo*  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738



**INFORME N° GM-LB22-1711-02**

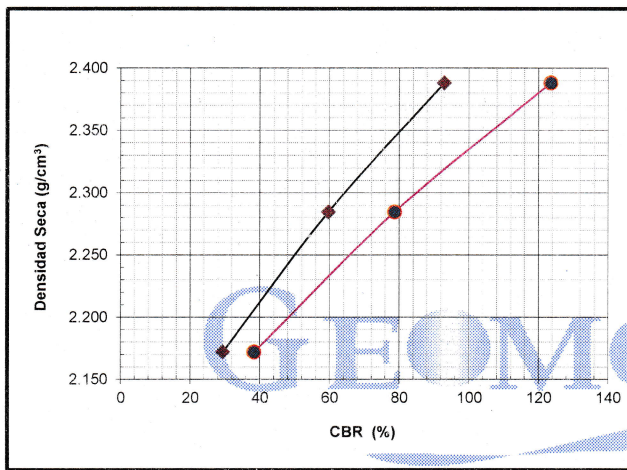
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

**MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 08/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M1 (75% MATERIAL DE CANTERA CAMBIO PUENTE + 25% ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS)  
**CANTERA** : CAMBIO PUENTE **CLASF. (SUCS)** : GP-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

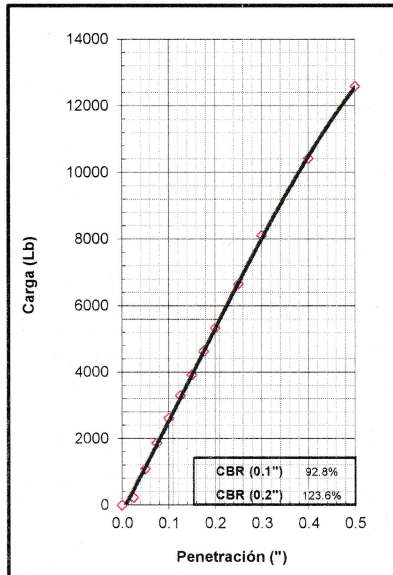


**METODO DE COMPACTACION** : ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 2.375  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 6.13

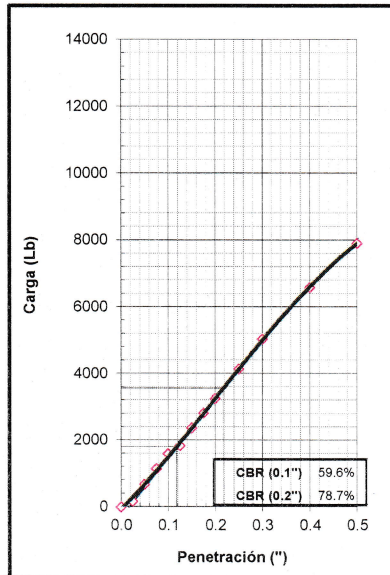
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 88.32	0.2": 117.44
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 51.36	0.2": 67.65

**OBSERVACIONES:**

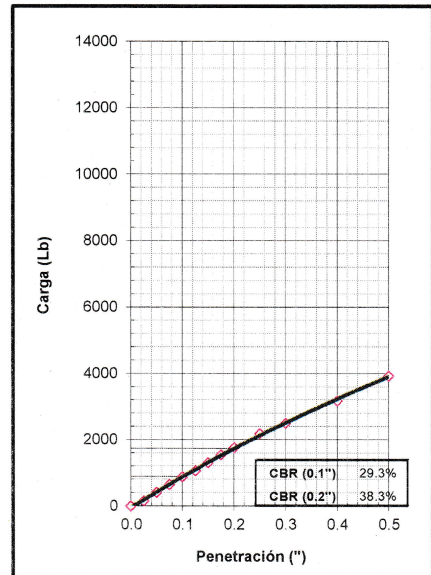
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



EJECUTADO: J.M.



Responsable:

**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge B. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738

**INFORME N° GM-LB22-1715-03**

**ENSAYO DE COMPACTACION  
 PROCTOR MODIFICADO  
 ASTM D1557 - 12<sup>e1</sup>  
 METODO "C"**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"

**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA

**FECHA** : 09/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M2 (75% MATERIAL DE CANTERA CAMBIO PUENTE + 25% ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS)

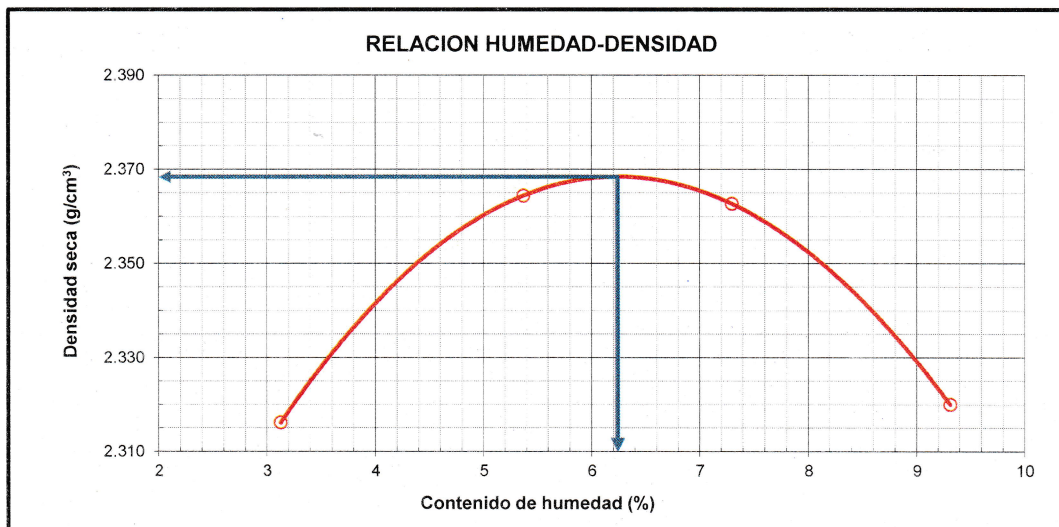
**CANTERA** : CAMBIO PUENTE

**CLASF. (SUCS)** : GP-GM

**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR

**CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

Masa Suelo + molde (g)	8046.00	8265.00	8358.00	8360.00	
Masa Molde (g)	2959.00	2959.00	2959.00	2959.00	
Masa Suelo (g)	5087.00	5306.00	5399.00	5401.00	
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2129.70	2129.70	2129.70	2129.70	
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.389	2.491	2.535	2.536	
Tara No.	A-06	R-12	S-11	G-03	
Masa del Suelo Húmedo + Tara (g)	420.80	534.80	512.60	527.90	
Masa del Suelo Seco + Tara (g)	410.20	512.20	484.20	490.20	
Masa de Tara (g)	71.20	91.40	95.10	85.30	
Masa de Agua (g)	10.60	22.60	28.40	37.70	
Masa del Suelo Seco (g)	339.00	420.80	389.10	404.90	
Humedad (%)	3.13	5.37	7.30	9.31	
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.316	2.364	2.363	2.320	
<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>					2.368
<b>Humedad óptima (%)</b>					6.2



Hecho por: K.A.J.



Revisado por: J.M.T

**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738



INFORME N° GM-LB22-1715-01

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
**MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 09/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M2 (75% MATERIAL DE CANTERA CAMBIO PUENTE + 25% ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS)  
**CANTERA** : CAMBIO PUENTE **CLASF. (SUCS)** : GP-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

**COMPACTACION**

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capas N°	56		25		10	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	13052.00	13143.00	12803.00	12939.00	12581.00	12761.00
Masa de molde (g)	7778.00	7778.00	7692.00	7692.00	7713.00	7713.00
Masa del suelo húmedo (g)	5274.00	5365.00	5111.00	5247.00	4868.00	5048.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2095.00	2095.00	2124.00	2124.00	2114.00	2114.00
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.517	2.561	2.406	2.470	2.303	2.388
Tara (N°)	A-06		S-11		G-03	
Masa suelo húmedo + tara (g)	464.30	5365.00	655.00	5247.00	462.10	5048.00
Masa suelo seco + tara (g)	441.40	4966.84	622.30	4812.98	440.30	4585.91
Masa de tara (g)	71.10	0.00	94.20	0.00	85.90	0.00
Masa de agua (g)	22.90	398.16	32.70	434.02	21.80	462.09
Masa de suelo seco (g)	370.30	4966.84	528.10	4812.98	354.40	4585.91
Contenido de humedad (%)	6.18	8.02	6.19	9.02	6.15	10.08
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.371	2.371	2.266	2.266	2.169	2.169

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
05/11/2022	16:40	00 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
06/11/2022	16:40	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
07/11/2022	16:40	48 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
08/11/2022	16:40	72 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
09/11/2022	16:40	96 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00

**PENETRACION**

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION	
		lb	lb	%	lb	lb	%	lb	lb	%
0.000		0			0			0		
0.025		92			188			135		
0.050		869			420			418		
0.075		1730			713			708		
0.100	1000	2457	2555	84.7	1213	1605	53.2	953	1029	34.1
0.125		3082			1539			1213		
0.150		3677			2032			1480		
0.175		4247			2343			1747		
0.200	1500	4871	5126	113.3	2664	3114	68.8	1992	2046	45.2
0.250		6061			3446			2480		
0.300		7455			4195			2952		
0.400		10422			5695			3784		
0.500		13245			7130			4545		



EJECUTADO: J.M.

Responsable:

**GEOMG S.A.C.**  
*Ing. Jorge E. Morillo Trujillo*  
CIP N° 68738



**INFORME N° GM-LB22-1715-02**

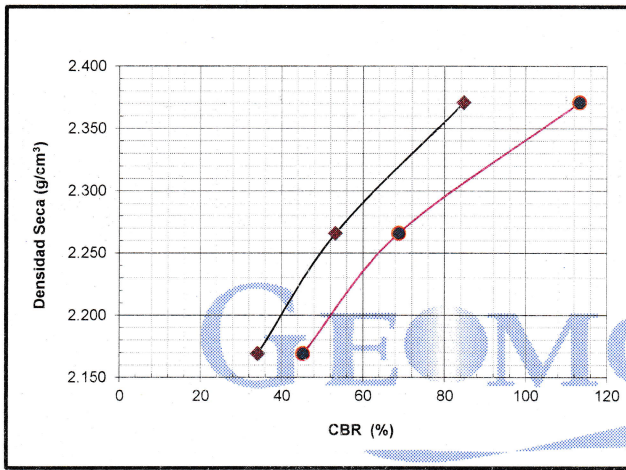
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

**MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 09/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M2 (75% MATERIAL DE CANTERA CAMBIO PUENTE + 25% ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS)  
**CANTERA** : CAMBIO PUENTE **CLASF. (SUCS)** : GP-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF.(AASHTO)** : A-1-a (0)

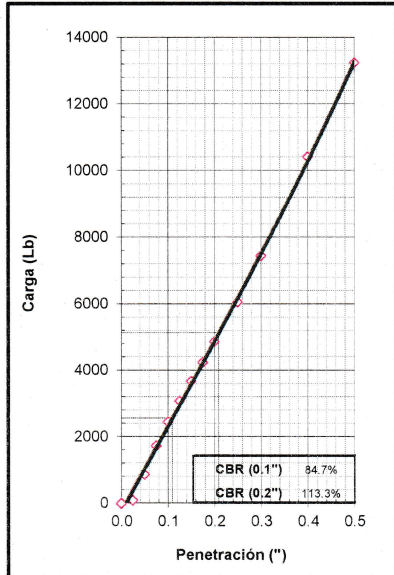


**METODO DE COMPACTACION** : ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 2.368  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 6.24

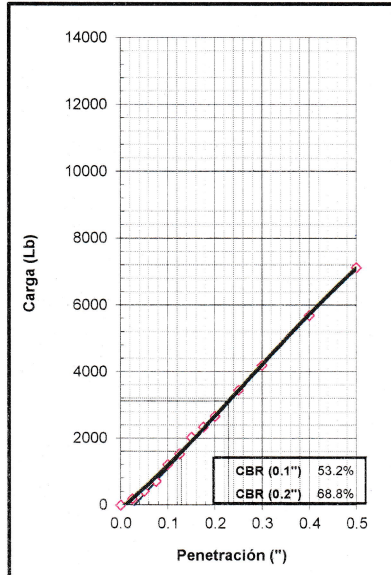
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 83.69	0.2": 111.82
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 49.29	0.2": 63.62

**OBSERVACIONES:**

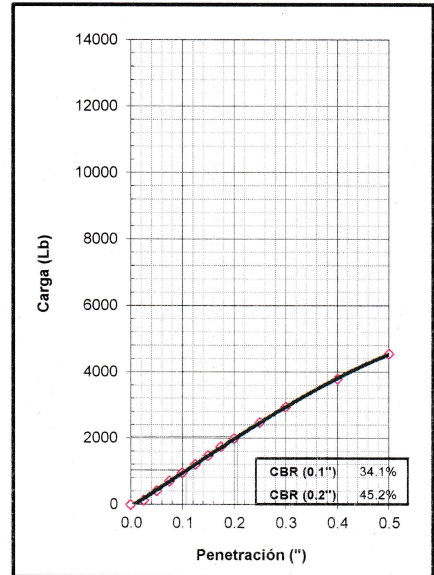
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



EJECUTADO: J.M.



Responsable:

**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CHF N° 68738



**INFORME N° GM-LB22-1378-03**

**ENSAYO DE COMPACTACION  
 PROCTOR MODIFICADO  
 ASTM D1557 - 12<sup>er</sup>  
 METODO "C"**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"

**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA

**FECHA** : 14/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M3 (75% MATERIAL DE CANTERA CAMBIO PUENTE + 25% ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS)

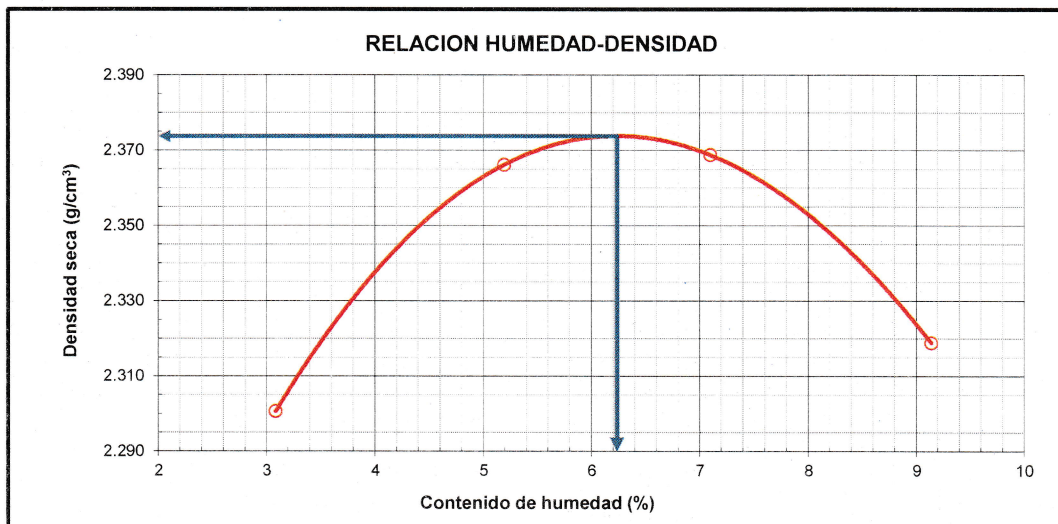
**CANTERA** : CAMBIO PUENTE

**CLASF. (SUCS)** : GP-GM

**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR

**CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

Masa Suelo + molde (g)	8010.00	8260.00	8362.00	8349.00	
Masa Molde (g)	2959.00	2959.00	2959.00	2959.00	
Masa Suelo (g)	5051.00	5301.00	5403.00	5390.00	
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2129.70	2129.70	2129.70	2129.70	
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.372	2.489	2.537	2.531	
Tara No.	2	G-12	E-03	A-12	
Masa del Suelo Húmedo + Tara (g)	398.60	491.10	526.70	511.60	
Masa del Suelo Seco + Tara (g)	389.20	470.90	497.40	475.80	
Masa de Tara (g)	84.70	82.10	84.80	84.20	
Masa de Agua (g)	9.40	20.20	29.30	35.80	
Masa del Suelo Seco (g)	304.50	388.80	412.60	391.60	
Humedad (%)	3.09	5.20	7.10	9.14	
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.301	2.366	2.369	2.319	
				<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.374</b>
				<b>Humedad óptima (%)</b>	<b>6.2</b>



Hecho por: K.A.J.

Revisado por: J.M.T



**GEOMG S.A.C.**

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68736

INFORME N° GM-LB22-1378-01

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
**MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 14/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M3 (75% MATERIAL DE CANTERA CAMBIO PUENTE + 25% ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICOS)  
**CANTERA** : CAMBIO PUENTE **CLASF. (SUCS)** : GP-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

**COMPACTACION**

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capas N°	56		25		10	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	13716.00	13803.00	13712.00	13845.00	13491.00	13667.00
Masa de molde (g)	8349.00	8349.00	8569.00	8569.00	8540.00	8540.00
Masa del suelo húmedo (g)	5367.00	5454.00	5143.00	5276.00	4951.00	5127.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2127.10	2127.10	2126.20	2126.20	2125.80	2125.80
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.523	2.564	2.419	2.481	2.329	2.412
Tara (N°)	A-06		G-03		S-11	
Masa suelo húmedo + tara (g)	371.50	5454.00	449.60	5276.00	439.50	5127.00
Masa suelo seco + tara (g)	353.90	5052.24	428.30	4841.88	419.40	4662.55
Masa de tara (g)	71.40	0.00	85.80	0.00	94.50	0.00
Masa de agua (g)	17.60	401.76	21.30	434.12	20.10	464.45
Masa de suelo seco (g)	282.50	5052.24	342.50	4841.88	324.90	4662.55
Contenido de humedad (%)	6.23	7.95	6.22	8.97	6.19	9.96
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.375	2.375	2.277	2.277	2.193	2.193

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
10/11/2022	11:00	00 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
11/11/2022	11:00	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
12/11/2022	11:00	48 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
13/11/2022	11:00	72 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
14/11/2022	11:00	96 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00

**PENETRACION**

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION	
			lb	lb		%	lb		lb	%
0.000		0			0			0		
0.025		227			205			140		
0.050		765			642			357		
0.075		1347			1160			563		
0.100	1000	1891	2583	85.6	1593	1620	53.7	753	764	25.3
0.125		2393			2070			951		
0.150		2930			2468			1120		
0.175		3632			2895			1315		
0.200	1500	4096	4858	107.3	3285	3237	71.5	1513	1470	32.5
0.250		5299			4020			1786		
0.300		6405			4697			2116		
0.400		8830			6051			2728		
0.500		11257			7457			3416		

EJECUTADO: J.M.



Responsable:

**GEOMG S.A.C.**  
*Jorge E. Morillo Trujillo*  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738



**INFORME N° GM-LB22-1378-02**

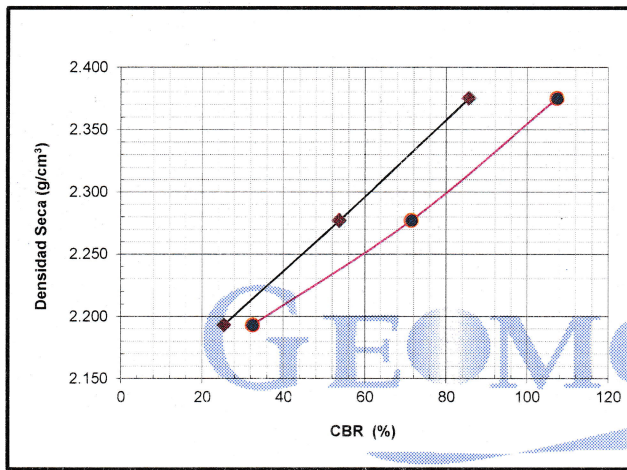
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

**MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 14/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M3 (75% MATERIAL DE CANTERA CAMBIO PUENTE + 25% ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS)  
**CANTERA** : CAMBIO PUENTE **CLASF. (SUCS)** : GP-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF.(AASHTO)** : A-1-a (0)

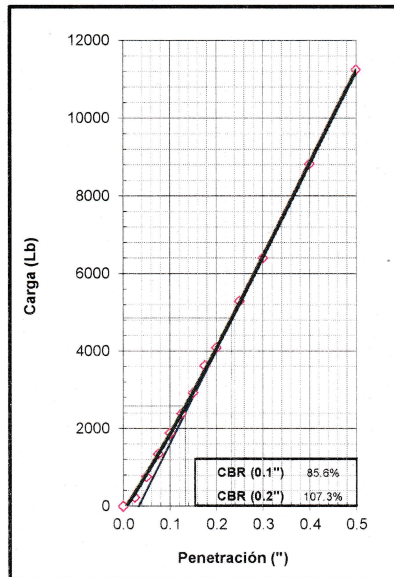


**METODO DE COMPACTACION** : ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 2.374  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 6.24

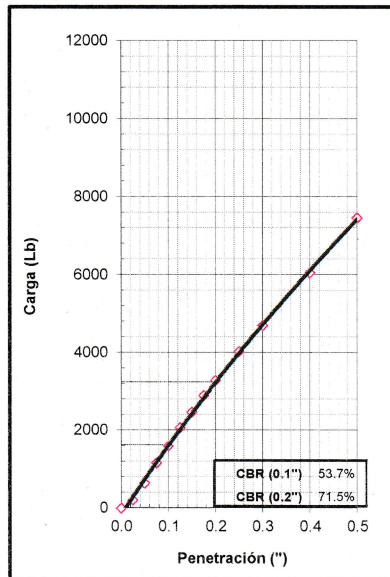
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 85.23	0.2": 106.98
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 46.36	0.2": 62.05

**OBSERVACIONES:**

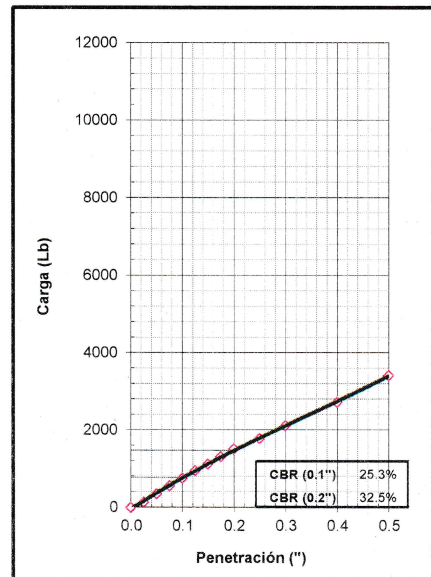
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



EJECUTADO: J.M.



Responsable:

**GEOMG S.A.C.**  
  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIF N° 68738

**INFORME N° GM-LB22-1707-03**

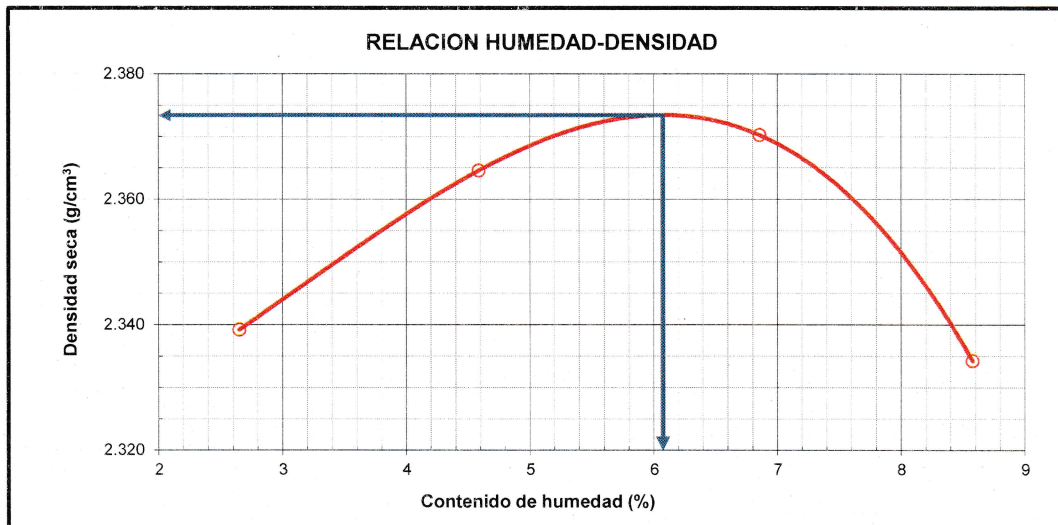
**ENSAYO DE COMPACTACION  
 PROCTOR MODIFICADO  
 ASTM D1557 - 12<sup>ε1</sup>  
 METODO "C"**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 07/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

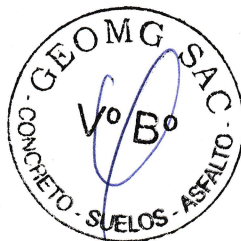
**MATERIAL** : M4 (75% MATERIAL DE CANTERA CAMBIO PUENTE + 25% ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICOS)  
**CANTERA** : CAMBIO PUENTE **CLASF. (SUCS)** : GP-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

Masa Suelo + molde (g)	8073.00	8226.00	8353.00	8357.00	
Masa Molde (g)	2959.00	2959.00	2959.00	2959.00	
Masa Suelo (g)	5114.00	5267.00	5394.00	5398.00	
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2129.70	2129.70	2129.70	2129.70	
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.401	2.473	2.533	2.535	
Tara No.	G-03	G-08	R-10	S-11	
Masa del Suelo Húmedo + Tara (g)	445.30	412.80	542.70	454.60	
Masa del Suelo Seco + Tara (g)	436.00	398.00	515.70	426.10	
Masa de Tara (g)	85.30	75.50	121.90	94.00	
Masa de Agua (g)	9.30	14.80	27.00	28.50	
Masa del Suelo Seco (g)	350.70	322.50	393.80	332.10	
Humedad (%)	2.65	4.59	6.86	8.58	
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.339	2.365	2.370	2.334	
				<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.373</b>
				<b>Humedad óptima (%)</b>	<b>6.1</b>



Hecho por: K.A.J.

Revisado por: J.M.T



**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738



INFORME N° GM-LB22-1707-01

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
**MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 07/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M4 (75% MATERIAL DE CANTERA CAMBIO PUENTE + 25% ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICOS)  
**CANTERA** : CAMBIO PUENTE **CLASF. (SUCS)** : GP-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

**COMPACTACION**

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capas N°	56		25		10	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	13967.00	14060.00	13732.00	13859.00	13491.00	13674.00
Masa de molde (g)	8616.00	8616.00	8570.00	8570.00	8503.00	8503.00
Masa del suelo húmedo (g)	5351.00	5444.00	5162.00	5289.00	4988.00	5171.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2125.40	2125.40	2126.60	2126.60	2127.00	2127.00
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.518	2.561	2.427	2.487	2.345	2.431
Tara (N°)	R-13		R-1		G-12	
Masa suelo húmedo + tara (g)	663.30	5444.00	471.90	5289.00	502.50	5171.00
Masa suelo seco + tara (g)	630.30	5045.86	451.40	4865.67	478.60	4704.36
Masa de tara (g)	84.60	0.00	114.80	0.00	82.20	0.00
Masa de agua (g)	33.00	398.14	20.50	423.33	23.90	466.64
Masa de suelo seco (g)	545.70	5045.86	336.60	4865.67	396.40	4704.36
Contenido de humedad (%)	6.05	7.89	6.09	8.70	6.03	9.92
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.374	2.374	2.288	2.288	2.212	2.212

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
03/11/2022	16:20	00 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
04/11/2022	16:20	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
05/11/2022	16:20	48 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
06/11/2022	16:20	72 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
07/11/2022	16:20	96 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00

**PENETRACION**

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION	
		lb	lb	%	lb	lb	%	lb	lb	%
0.000		0			0			0		
0.025		169			265			168		
0.050		1026			745			411		
0.075		1808			1276			647		
0.100	1000	2394	2498	82.8	1808	1755	58.2	852	822	27.3
0.125		3062			2281			1025		
0.150		3604			2685			1219		
0.175		4273			3073			1417		
0.200	1500	4882	5020	110.9	3498	3519	77.8	1600	1633	36.1
0.250		6245			4336			2049		
0.300		7588			5147			2451		
0.400		9868			6635			3226		
0.500		12979			7911			4033		

EJECUTADO: J.M.



Responsable:

**GEOMG S.A.C.**  
*Ing. Jorge E. Morillo Trujillo*  
CIP N° 68736

**INFORME N° GM-LB22-1707-02**

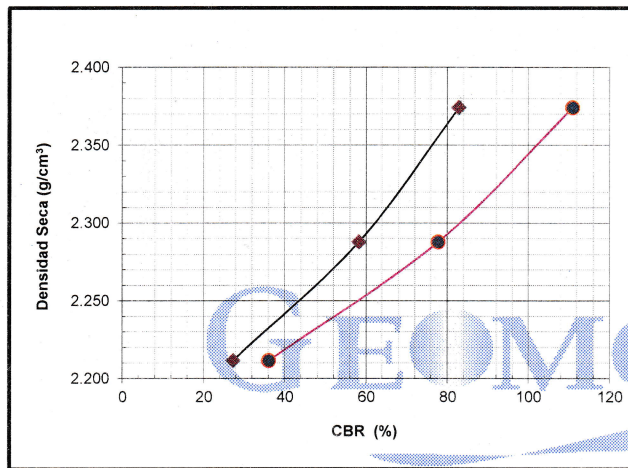
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

**MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 07/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M4 (75% MATERIAL DE CANTERA CAMBIO PUENTE + 25% ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS)  
**CANTERA** : CAMBIO PUENTE **CLASF. (SUCS)** : GP-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

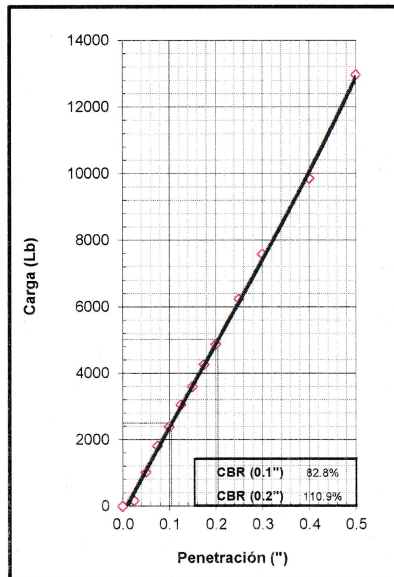


**METODO DE COMPACTACION** : ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 2.373  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 6.07

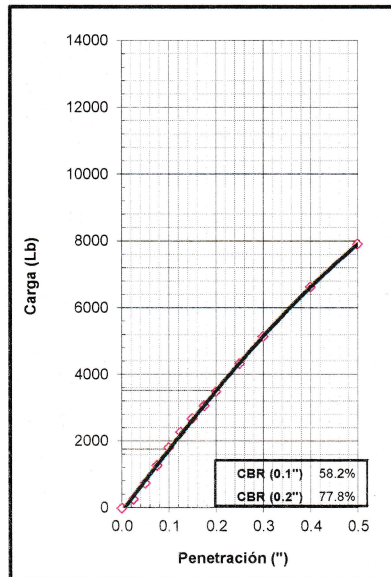
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 82.55	0.2": 110.59
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 45.58	0.2": 60.80

**OBSERVACIONES:**

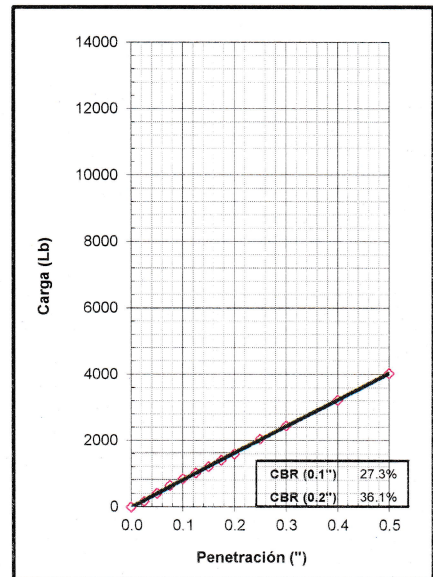
EC = 56 GOLPES



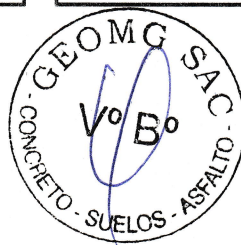
EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



EJECUTADO: J.M.



Responsable:

**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738



**INFORME N° GM-LB22-1743-03**

**ENSAYO DE COMPACTACION  
PROCTOR MODIFICADO  
ASTM D1557 - 12<sup>E1</sup>  
METODO "C"**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"

**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA

**FECHA** : 15/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M5 (75% MATERIAL DE CANTERA CAMBIO PUENTE + 25% ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS)

**CANTERA** : CAMBIO PUENTE

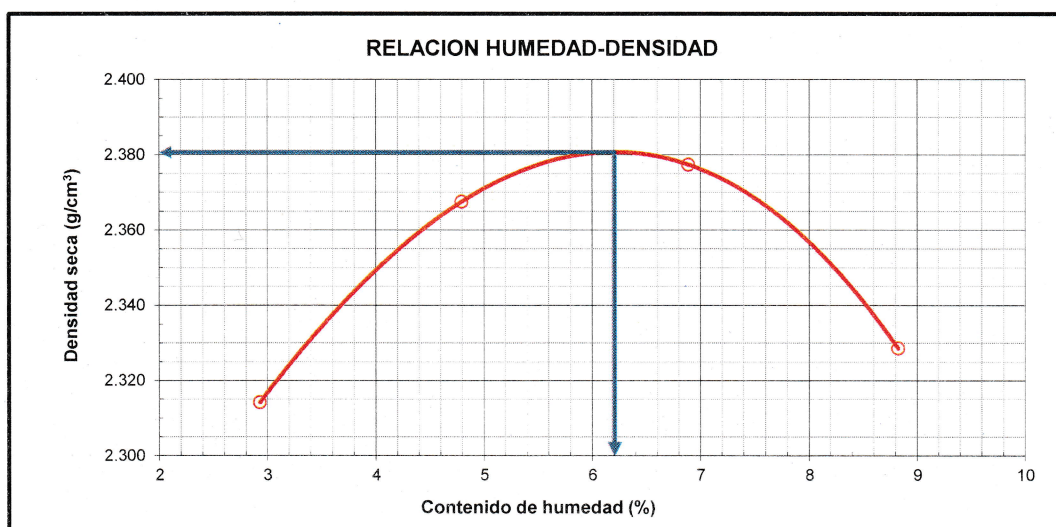
**CLASF. (SUCS)** : GP-GM

**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR

**CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

Masa Suelo + molde (g)	8032.00	8243.00	8371.00	8356.00
Masa Molde (g)	2959.00	2959.00	2959.00	2959.00
Masa Suelo (g)	5073.00	5284.00	5412.00	5397.00
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2129.70	2129.70	2129.70	2129.70
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.382	2.481	2.541	2.534
Tara No.	G-04	A-12	S-04	A-06
Masa del Suelo Húmedo + Tara (g)	432.80	419.40	525.50	506.40
Masa del Suelo Seco + Tara (g)	422.90	404.10	497.50	471.10
Masa de Tara (g)	85.10	85.10	91.10	71.20
Masa de Agua (g)	9.90	15.30	28.00	35.30
Masa del Suelo Seco (g)	337.80	319.00	406.40	399.90
Humedad (%)	<b>2.93</b>	<b>4.80</b>	<b>6.89</b>	<b>8.83</b>
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.314</b>	<b>2.368</b>	<b>2.377</b>	<b>2.329</b>

**Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)** : 2.381  
**Humedad óptima (%)** : 6.2



Hecho por: K.A.J.



Revisado por: J.M.T

**GEOMG S.A.C.**  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIF N° 68736



INFORME N° GM-LB22-1743-01

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
**MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 15/11/2022

**MATERIAL** : M5 (75% MATERIAL DE CANTERA CAMBIO PUENTE + 25% ESCORIA DE HORNOS ELECTRICOS)  
**CANTERA** : CAMBIO PUENTE **CLASF. (SUCS)** : GP-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASE. (AASHTO)** : A-1-a (0)

**COMPACTACION**

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capas N°	56		25		10	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	13081.00	13179.00	12851.00	12999.00	12644.00	12830.00
Masa de molde (g)	7778.00	7778.00	7692.00	7692.00	7713.00	7713.00
Masa del suelo húmedo (g)	5303.00	5401.00	5159.00	5307.00	4931.00	5117.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2095.00	2095.00	2124.00	2124.00	2114.00	2114.00
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.531	2.578	2.429	2.499	2.333	2.421
Tara (N°)	S-11		R-10		G-03	
Masa suelo húmedo + tara (g)	417.80	5401.00	437.20	5307.00	423.30	5117.00
Masa suelo seco + tara (g)	398.70	4990.87	418.80	4858.13	403.70	4645.31
Masa de tara (g)	93.30	0.00	121.70	0.00	85.00	0.00
Masa de agua (g)	19.10	410.13	18.40	448.87	19.60	471.69
Masa de suelo seco (g)	305.40	4990.87	297.10	4858.13	318.70	4645.31
Contenido de humedad (%)	6.25	8.22	6.19	9.24	6.15	10.15
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.382	2.382	2.287	2.287	2.197	2.197

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
11/11/2022	10:40	00 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
12/11/2022	10:40	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
13/11/2022	10:40	48 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
14/11/2022	10:40	72 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
15/11/2022	10:40	96 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00

**PENETRACION**

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03				
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION			
			lb	lb		%	lb		lb	%	lb	lb
0.000			0				0			0		
0.025			48				33			14		
0.050			206				344			35		
0.075			814				846			91		
0.100	1000		152	2615	86.7		1320	1656	54.9	176	886	29.4
0.125			2176				1778			334		
0.150			2834				2189			554		
0.175			3419				2604			786		
0.200	1500		4022	5113	113.0		3016	3290	72.7	1031	1729	38.2
0.250			5084				3714			1427		
0.300			6161				4446			1787		
0.400			8193				6134			2471		
0.500			10502				7446			3167		

EJECUTADO: J.M.



Responsable:

**GEOMG S.A.C.**  
*Jorge E. Morillo Trujillo*  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

INFORME N° GM-LB22-1743-02

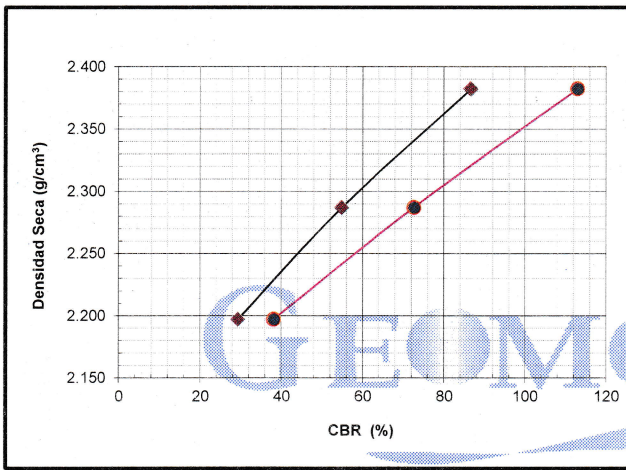
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

**MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 15/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M5 (75% MATERIAL DE CANTERA CAMBIO PUENTE + 25% ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS)  
**CANTERA** : CAMBIO PUENTE **CLASF. (SUCS)** : GP-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF.(AASHTO)** : A-1-a (0)

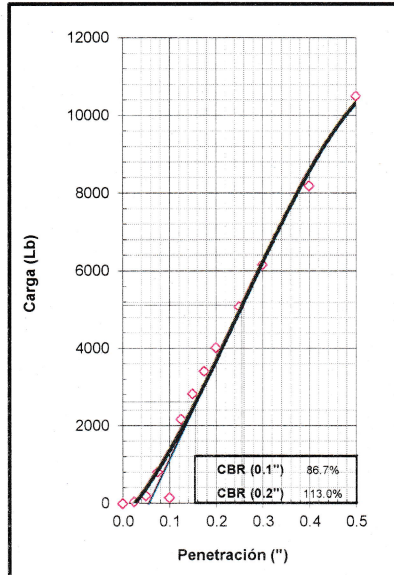


**METODO DE COMPACTACION** : ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 2.381  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 6.21

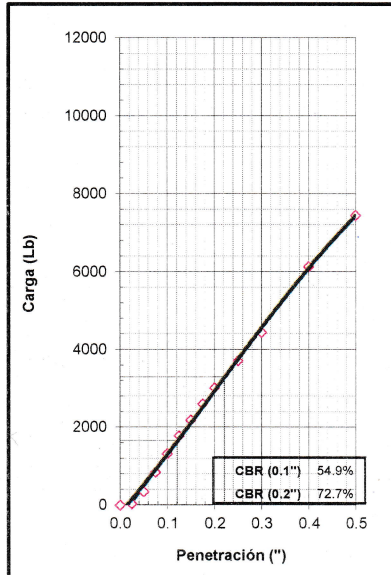
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 86.20	0.2": 112.41
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 47.24	0.2": 62.63

**OBSERVACIONES:**

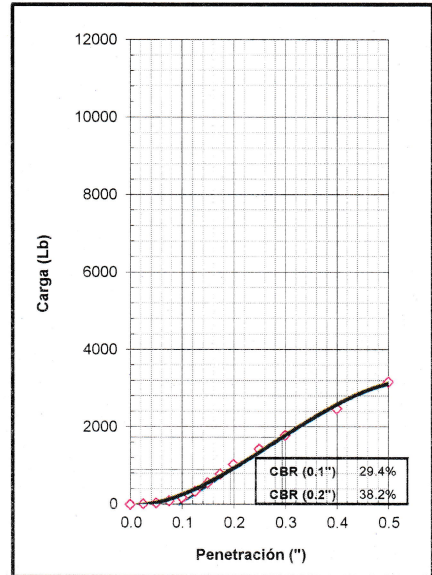
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



EJECUTADO: J.M.



Responsable:

GEOMG S.A.C.  
  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738



**INFORME N° GM-LB22-1750-03**

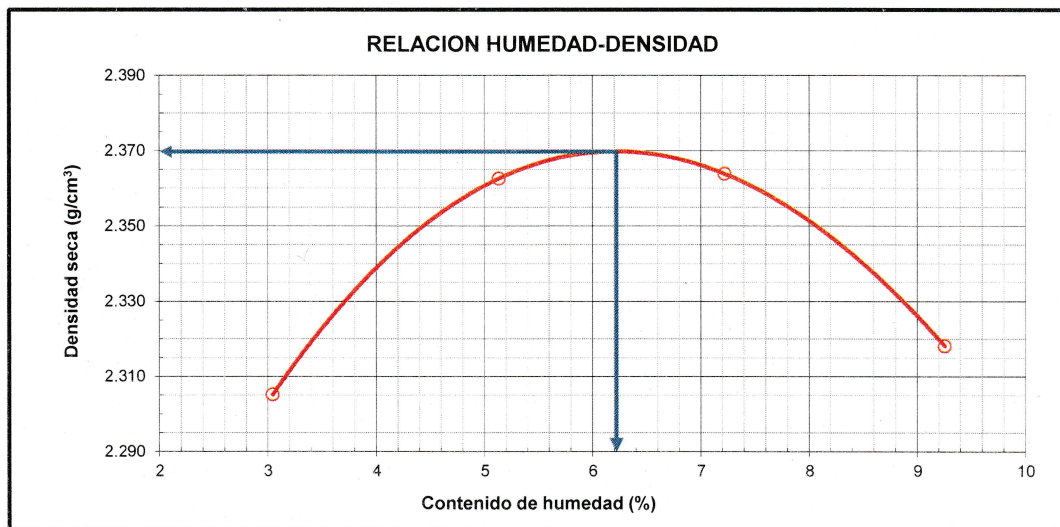
**ENSAYO DE COMPACTACION  
 PROCTOR MODIFICADO  
 ASTM D1557 - 12<sup>E1</sup>  
 METODO "C"**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 16/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M6 (75% MATERIAL DE CANTERA CAMBIO PUENTE + 25% ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS)  
**CANTERA** : CAMBIO PUENTE **CLASF. (SUCS)** : GP-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

Masa Suelo + molde (g)	8018.00	8249.00	8357.00	8353.00	
Masa Molde (g)	2959.00	2959.00	2959.00	2959.00	
Masa Suelo (g)	5059.00	5290.00	5398.00	5394.00	
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2129.70	2129.70	2129.70	2129.70	
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.375	2.484	2.535	2.533	
Tara No.	G-03	R-10	E-03	Z-28	
Masa del Suelo Húmedo + Tara (g)	341.40	430.80	339.20	300.90	
Masa del Suelo Seco + Tara (g)	333.80	415.70	322.10	282.20	
Masa de Tara (g)	84.40	121.60	85.30	80.20	
Masa de Agua (g)	7.60	15.10	17.10	18.70	
Masa del Suelo Seco (g)	249.40	294.10	236.80	202.00	
Humedad (%)	3.05	5.13	7.22	9.26	
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.305	2.363	2.364	2.318	
				<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.370</b>
				<b>Humedad óptima (%)</b>	<b>6.2</b>



Hecho por: K.A.J.



Revisado por: J.M.T

**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738

INFORME N° GM-LB22-1750-01

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
**MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 16/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M6 (75% MATERIAL DE CANTERA CAMBIO PUENTE + 25% ESCORIA DE HORNOS ELECTRICOS)  
**CANTERA** : CAMBIO PUENTE **CLASF. (SUCS)** : GP-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF. (AASHTO)** : A-1-a (0)

**COMPACTACION**

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capas N°	56		25		10	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	13187.00	13266.00	12752.00	12874.00	12904.00	13072.00
Masa de molde (g)	7812.00	7812.00	7570.00	7570.00	7963.00	7963.00
Masa del suelo húmedo (g)	5375.00	5454.00	5182.00	5304.00	4941.00	5109.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2106.00	2106.00	2113.00	2113.00	2104.25	2104.25
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.552	2.590	2.452	2.510	2.348	2.428
Tara (N°)	E-03		G-03		Z-28	
Masa suelo húmedo + tara (g)	307.30	5454.00	344.60	5304.00	380.10	5109.00
Masa suelo seco + tara (g)	291.40	4990.03	325.40	4800.21	359.50	4601.04
Masa de tara (g)	85.30	0.00	84.00	0.00	80.70	0.00
Masa de agua (g)	15.90	463.97	19.20	503.79	20.60	507.96
Masa de suelo seco (g)	206.10	4990.03	241.40	4800.21	278.80	4601.04
Contenido de humedad (%)	7.71	9.30	7.95	10.50	7.39	11.04
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.369	2.369	2.272	2.272	2.187	2.187

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
12/11/2022	15:55	00 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
13/11/2022	15:55	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
14/11/2022	15:55	48 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
15/11/2022	15:55	72 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
16/11/2022	15:55	96 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00

**PENETRACION**

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION	
			lb	lb		%	lb		lb	%
0.000		0			0			0		
0.025		216			203			139		
0.050		724			636			354		
0.075		1277			1150			558		
0.100	1000	1792	2448	81.1	1579	1605	53.2	747	758	25.1
0.125		2267			2051			943		
0.150		2776			2446			1111		
0.175		3442			2869			1303		
0.200	1500	3882	4604	101.7	3256	3208	70.9	1499	1457	32.2
0.250		5021			3984			1770		
0.300		6070			4654			2097		
0.400		8368			5996			2703		
0.500		10668			7390			3386		

EJECUTADO: J.M.



Responsable:

**GEOMG S.A.C.**  
*Ing. Jorge E. Morillo Trujillo*  
CIP N° 68738



**INFORME N° GM-LB22-1750-02**

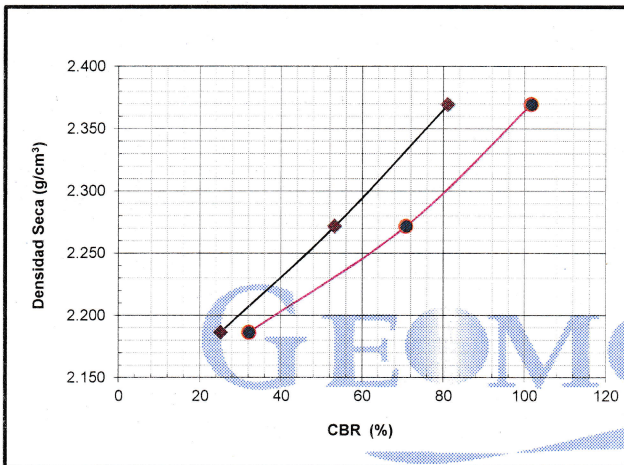
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

**MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 16/11/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : M6 (75% MATERIAL DE CANTERA CAMBIO PUENTE + 25% ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS)  
**CANTERA** : CAMBIO PUENTE **CLASF. (SUCS)** : GP-GM  
**USO** : BASE Y SUB BASE GRANULAR **CLASF.(AASHTO)** : A-1-a (0)

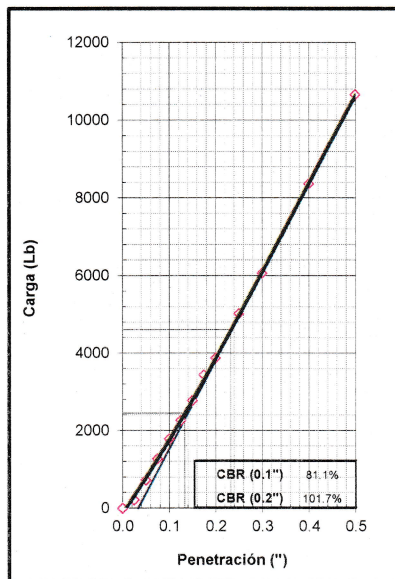


**METODO DE COMPACTACION** : ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 2.370  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 6.22

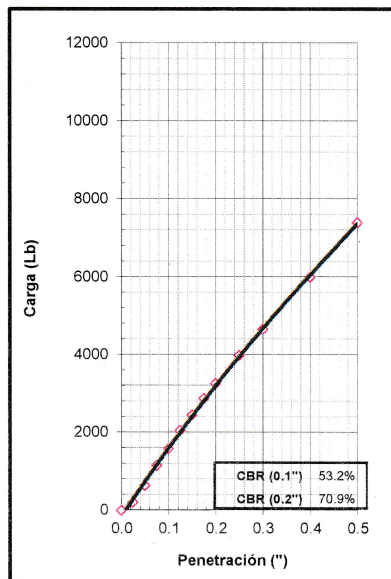
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 81.28	0.2": 101.87
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 46.84	0.2": 62.67

**OBSERVACIONES:**

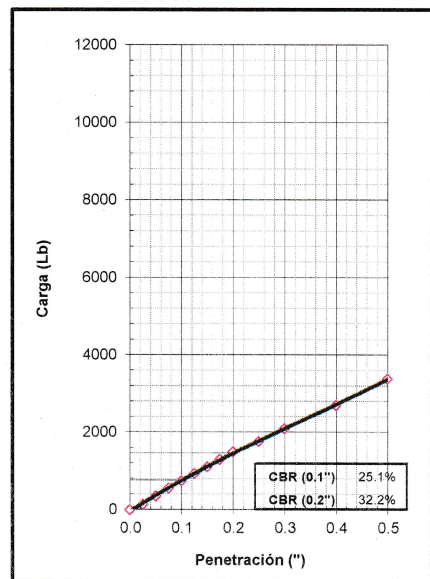
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



EJECUTADO: J.M.



Responsable:

**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Mofillo Trujillo  
 CIP N° 68738



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS- NUEVO CHIMBOTE 2022.

**RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
Bach. Chávez Melo Zarela

**FECHA:** Set-22

**ENSAYO DE PARTÍCULAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO GRUESO**  
**MTC E 210**

**Cantera:** Cambio Puente  
**Material:** 100% de Material de Cantera  
**Uso** Base y Subbase granular

**A.- CON 1 CARA FRACTURADA**

Tamaño del Agregado		Muestra (g)	Material con caras fracturadas (g)	Caras fracturadas (%)	Retenido Gradación original (%)	Promedio Caras Fracturadas
Pasa Tamiz	Retenido en el Tamiz					
1 1/2"	1"	2003.1	2003.1	100.0	9.2	<b>920.0</b>
1"	3/4"	1505.4	1505.4	100.0	5.9	<b>590.0</b>
3/4"	1/2"	1230.3	1220.5	99.2	8.9	<b>882.9</b>
1/2"	3/8"	306.4	304.6	99.4	4.4	<b>437.4</b>
<b>TOTAL</b>		<b>5,045.2</b>	<b>5033.5</b>			

**Porcentaje con 1 cara fracturada**

**99.7 %**

**A.- CON 2 CARAS FRACTURADAS**

Tamaño del Agregado		Muestra (g)	Material con caras fracturadas (g)	Caras fracturadas (%)	Retenido Gradación original (%)	Promedio Caras Fracturadas
Pasa Tamiz	Retenido en el Tamiz					
1 1/2"	1"	2003.1	1989.08	99.3	9.2	<b>913.6</b>
1"	3/4"	1505.4	1455.72	96.7	5.9	<b>570.5</b>
3/4"	1/2"	1230.3	1193.39	97.0	8.9	<b>863.3</b>
1/2"	3/8"	306.4	295.06	96.3	4.4	<b>423.7</b>
<b>TOTAL</b>		<b>5,045.2</b>	<b>4933.3</b>			

**Porcentaje con 2 caras fracturadas**

**97.6 %**







**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS- NUEVO CHIMBOTE 2022  
**RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
Bach. Chávez Melo Zarela  
**FECHA:** Set-22

**ENSAYO DE PARTÍCULAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO GRUESO**  
**MTC E 210**

**Cantera:** Cambio Puente  
**Material:** 75% de Material de Cantera + 25% de Escoria de Horno Eléctrico  
**Uso** Base y Subbase granular

**A.- CON 1 CARA FRACTURADA**

Tamaño del Agregado		Muestra (g)	Material con caras fracturadas (g)	Caras fracturadas (%)	Retenido Gradación original (%)	Promedio Caras Fracturadas
Pasa Tamiz	Retenido en el Tamiz					
1 1/2"	1"	2003.1	2003.1	100.0	6.9	690.0
1"	3/4"	1505.4	1505.4	100.0	4.5	450.0
3/4"	1/2"	1230.3	915.3	74.4	9.1	677.0
1/2"	3/8"	306.4	228.4	74.5	9.8	730.6
<b>TOTAL</b>		<b>5,045.2</b>	<b>4652.3</b>			
<b>Porcentaje con 1 cara fracturada</b>			<b>84.1 %</b>			

**A.- CON 2 CARAS FRACTURADAS**

Tamaño del Agregado		Muestra (g)	Material con caras fracturadas (g)	Caras fracturadas (%)	Retenido Gradación original (%)	Promedio Caras Fracturadas
Pasa Tamiz	Retenido en el Tamiz					
1 1/2"	1"	2003.1	1989.08	99.3	6.9	685.2
1"	3/4"	1505.4	1455.72	96.7	4.5	435.2
3/4"	1/2"	1230.3	895.04	72.7	9.1	662.0
1/2"	3/8"	306.4	221.30	72.2	9.8	707.8
<b>TOTAL</b>		<b>5,045.2</b>	<b>4561.1</b>			
<b>Porcentaje con 2 caras fracturadas</b>			<b>82.2 %</b>			





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022  
**RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
Bach. Chávez Melo Zarela  
**FECHA:** Set-22

**ENSAYO DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS**  
**MTC E 223**

**Cantera:** Cambio Puente  
**Material:** 100 % Material de Cantera  
**Uso** Base y Subbase granular

TAMIZ (Pulg)	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO		PESO DE PARTÍCULAS	CHATAS Y ALARGADAS (3:1)		
		PESO RET. GRAD. ORIG.	(%) RET.		PESO	(%)	(%) CORREGIDO
1"	25.400	1,905.70	32.45%	1499.30	754.30	50.31%	16.32%
3/4"	19.000	1,220.60	20.78%	664.10	246.20	37.07%	7.70%
1/2"	12.700	1,838.80	31.31%	643.20	441.30	68.61%	21.48%
3/8"	9.500	908.40	15.47%	275.50	123.60	44.86%	6.94%
<b>PESO TOTAL DE LA MUESTRA:</b>		<b>5,873.50</b>					

**PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)**

**50.21%**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b> OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022	<b>RESPONSABLES:</b> Bach. Chacón Silva Paola Bach. Chávez Melo Zarela <b>FECHA:</b> Set-22
--	---

**ENSAYO DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS**  
**MTC E 223**

<b>Cantera:</b> Cambio Puente
<b>Material:</b> 75 % Material de Cantera + 25% de Escoria de Horno Eléctrico
<b>Uso</b> Base y Subbase granular

TAMIZ (Pulg)	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO		PESO DE PARTÍCULAS	CHATAS Y ALARGADAS (3:1)		
		PESO RET. GRAD. ORIG.	(%) RET.		PESO	(%)	(%) CORREGIDO
1"	25.400	1,905.70	32.45%	1590.70	600.21	37.73%	12.24%
3/4"	19.000	1,220.60	20.78%	753.20	209.42	27.80%	5.78%
1/2"	12.700	1,838.80	31.31%	784.30	403.58	51.46%	16.11%
3/8"	9.500	908.40	15.47%	374.50	126.02	33.65%	5.20%
<b>PESO TOTAL DE LA MUESTRA:</b>		<b>5,873.50</b>					

**PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)**

**37.66%**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE  
ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS  
ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022

**RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
Bach. Chávez Melo Zarela  
**FECHA:** Set-22

**ENSAYO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS**  
**MTC E 219**

**Cantera:** Cambio Puente  
**Material:** 100 % Material de Cantera  
**Uso:** Base y Subbase granular

**AGREGADO FINO**

DESCRIPCION DE ENSAYOS	RESULTADO	NORMA
Sales Solubles Totales	4830 ppm	NTP 339.152.2002
Sales Solubles Totales	0.483 %	NTP 339.152.2002

**AGREGADO GRUESO**

DESCRIPCION DE ENSAYOS	RESULTADO	NORMA
Sales Solubles Totales	580 ppm	NTP 339.152.2002
Sales Solubles Totales	0.058 %	NTP 339.152.2002





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE  
ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS  
ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022

**RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
Bach. Chávez Melo Zarela  
**FECHA:** Set-22

**ENSAYO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS**  
**MTC E 219**

**Cantera:** Cambio Puente  
**Material:** 75 % Material de Cantera + 25 % de Escoria de Horno Eléctrico  
**Uso:** Base y Subbase granular

**AGREGADO FINO**

DESCRIPCION DE ENSAYOS	RESULTADO	NORMA
Sales Solubles Totales	4870 ppm	NTP 339.152.2002
Sales Solubles Totales	0.487 %	NTP 339.152.2002

**AGREGADO GRUESO**

DESCRIPCION DE ENSAYOS	RESULTADO	NORMA
Sales Solubles Totales	560 ppm	NTP 339.152.2002
Sales Solubles Totales	0.056 %	NTP 339.152.2002





# **ANEXO 2. Diseño de Pavimento Flexible**



**INFORME N° GM-LB22-1618-03**

**ENSAYO DE COMPACTACION  
 PROCTOR MODIFICADO  
 ASTM D1557 - 12<sup>er</sup>  
 METODO "C"**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"

**SOLICITA** : TESISISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA

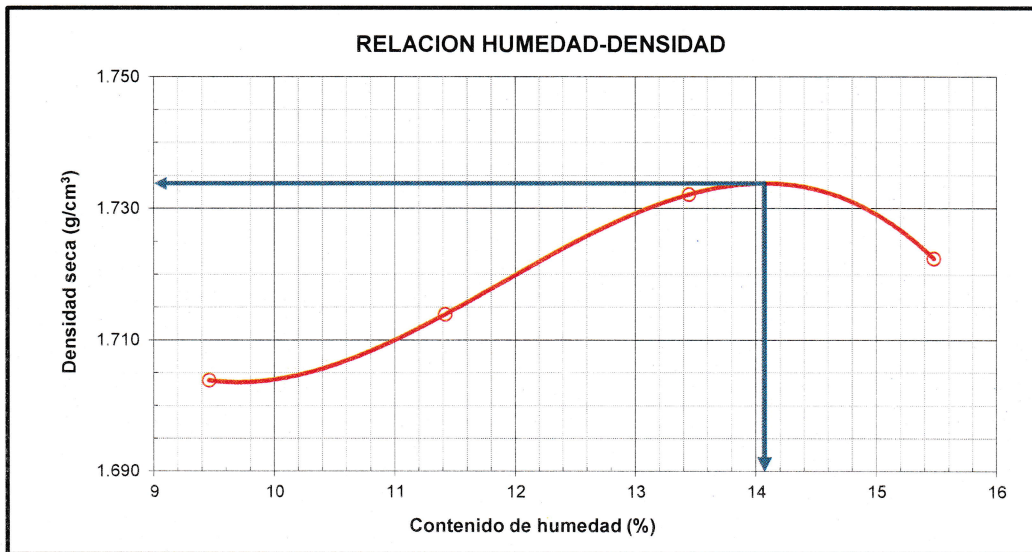
**FECHA** : 21/10/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-01  
**MUESTRA** : M-01

**CLASF. (SUCS)** : SP  
**CLASF. (AASHTO)** : A-3 (0)

Masa Suelo + molde (g)	6931.00	7026.00	7144.00	7195.00
Masa Molde (g)	2959.00	2959.00	2959.00	2959.00
Masa Suelo (g)	3972.00	4067.00	4185.00	4236.00
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2129.70	2129.70	2129.70	2129.70
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.865	1.910	1.965	1.989
Tara No.	G-04	L-03	R-11	S-12
Masa del Suelo Húmedo + Tara (g)	394.60	368.10	451.30	447.80
Masa del Suelo Seco + Tara (g)	367.80	338.90	412.20	400.20
Masa de Tara (g)	84.50	83.20	121.40	92.70
Masa de Agua (g)	26.80	29.20	39.10	47.60
Masa del Suelo Seco (g)	283.30	255.70	290.80	307.50
Humedad (%)	9.46	11.42	13.45	15.48
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.704	1.714	1.732	1.722
<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>				<b>1.734</b>
<b>Humedad óptima (%)</b>				<b>14.07</b>



Hecho por: K.A.J.



Revisado por: J.M.T

**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738

INFORME N° GM-LB22-1618-01

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
**MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 21/10/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**MATERIAL** : SUB-RASANTE H.U.P. BELLO SUR  
**CALICATA** : C-01  
**MUESTRA** : M-01  
**CLASF. (SUCS)** : SP  
**CLASF. (AASHTO)** : A-3 (0)

**COMPACTACION**

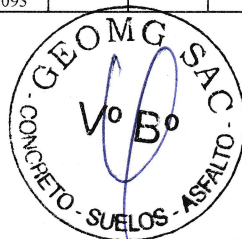
Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capas N°	56		25		10	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	12812.00	12912.00	12643.00	12786.00	12398.00	12574.00
Masa de molde (g)	8616.00	8616.00	8570.00	8570.00	8503.00	8503.00
Masa del suelo húmedo (g)	4196.00	4296.00	4073.00	4216.00	3895.00	4071.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2125.40	2125.40	2126.60	2126.60	2127.00	2127.00
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.974	2.021	1.915	1.983	1.831	1.914
Tara (N°)	A-02		G-07		A-11	
Masa suelo húmedo + tara (g)	390.70	4296.00	387.20	4216.00	375.70	4071.00
Masa suelo seco + tara (g)	352.40	3678.76	349.40	3570.19	339.50	3414.27
Masa de tara (g)	80.00	0.00	81.00	0.00	82.40	0.00
Masa de agua (g)	38.30	617.24	37.80	645.81	36.20	656.73
Masa de suelo seco (g)	272.40	3678.76	268.40	3570.19	257.10	3414.27
Contenido de humedad (%)	14.06	16.78	14.08	18.09	14.08	19.23
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.731	1.731	1.679	1.679	1.605	1.605

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
17/10/2021	16:15	00 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
18/10/2021	16:15	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
19/10/2021	16:15	48 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
20/10/2021	16:15	72 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
21/10/2021	16:15	96 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00

**PENETRACION**

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION	
			lb	lb		%	lb		lb	%
0.000		0			0			0		
0.025		7			7			7		
0.050		49			46			46		
0.075		132			115			115		
0.100	1000	254	559	18.5	213	440	14.6	203	363	12.0
0.125		399			324			303		
0.150		547			468			408		
0.175		697			603			512		
0.200	1500	833	1101	24.3	733	873	19.3	606	719	15.9
0.250		1106			965			788		
0.300		1377			1111			900		
0.400		1707			1306			1073		
0.500		2093			1555			1109		



**GEOMG S.A.C.**  
*Ing. Jorge E. Morillo Trujillo*  
CIF N° 68736

EJECUTADO: J.M.

Responsable:



**INFORME N° GM-LB22-1618-02**

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

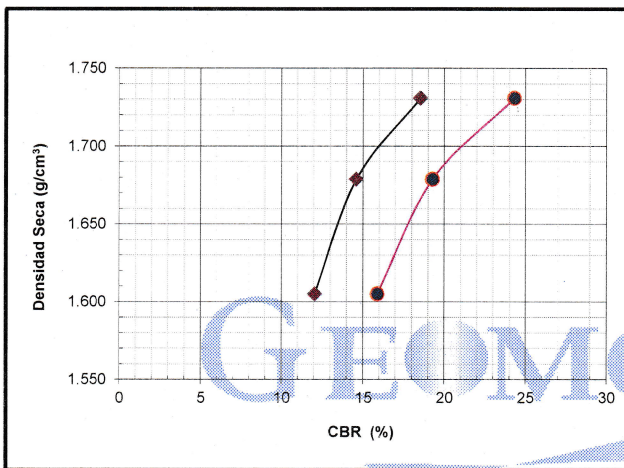
**MTC E-132 / ASTM D-1883**

**PROYECTO** : TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"  
**SOLICITA** : TESISTAS: CHACÓN SILVA PAOLA, CHAVEZ MELO ZARELA  
**FECHA** : 21/10/2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

**CALICATA** : C-01  
**MUESTRA** : M-01

**CLASF. (SUCS)** : SP  
**CLASF.(AASHTO)** : A-3 (0)

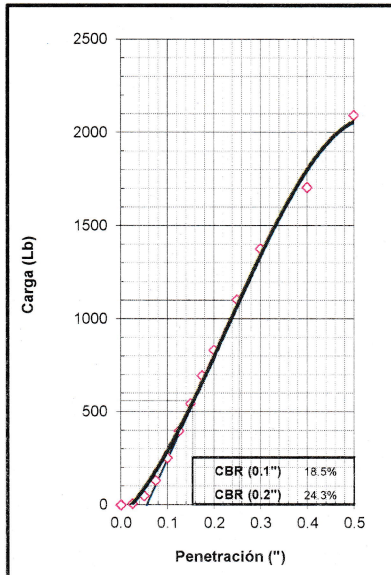


**METODO DE COMPACTACION** : ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)** : 1.734  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)** : 14.07

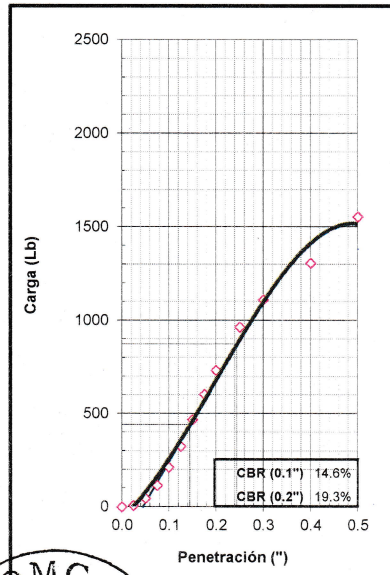
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	18.82	0.2":	24.69
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	13.04	0.2":	17.29

**OBSERVACIONES:**

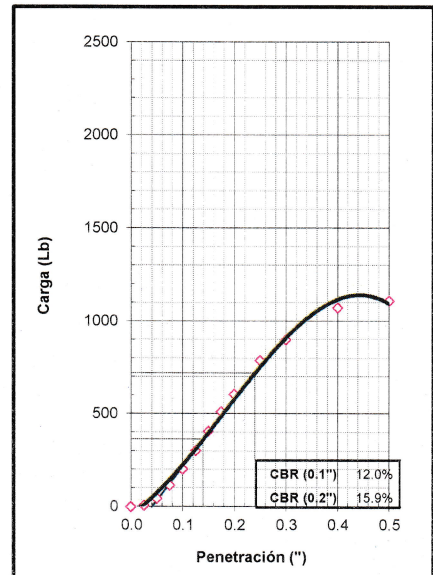
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



EJECUTADO: J.M.



Responsable:

GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68736



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022	<b>RESPONSABLES:</b>	Bach. Chacón Silva Paola Bach. Chávez Melo Zarela
		<b>FECHA:</b>	Set-22

**ESTUDIO DE TRÁFICO EN PAVIMENTO FLEXIBLE - H.U.P. BELLO SUR**

Mes de Control	Septiembre	Factor de corrección estacional	Fe (liviano)	1.1187
Año de Control	2022		Fe (pesado)	1.0308
Peaje Cercano	Vesique	Tiempo (años): Estudio de contro-Obra ejecutada	4	
Sentido	Ambos			
Departamento	Ancash			

**1. Cálculo del Índice Medio Diario (IMD)**

FECHA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS	CAMION
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	2 E
DIAGRA. VEH.									
Domingo	Ida	120	40	55	3	9	6	1	6
	Vuelta	136	37	56	1	9	5	1	6
	<b>Total</b>	<b>256</b>	<b>77</b>	<b>111</b>	<b>4</b>	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>12</b>
Lunes	Ida	187	98	64	8	13	16	3	4
	Vuelta	169	86	50	6	12	14	3	4
	<b>Total</b>	<b>356</b>	<b>184</b>	<b>114</b>	<b>14</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
Martes	Ida	136	90	58	7	10	13	3	5
	Vuelta	127	97	49	3	11	12	3	5
	<b>Total</b>	<b>263</b>	<b>187</b>	<b>107</b>	<b>10</b>	<b>21</b>	<b>25</b>	<b>6</b>	<b>10</b>
Miércoles	Ida	114	50	32	5	9	15	3	5
	Vuelta	109	43	38	2	10	14	3	5
	<b>Total</b>	<b>223</b>	<b>93</b>	<b>70</b>	<b>7</b>	<b>19</b>	<b>29</b>	<b>6</b>	<b>10</b>
Jueves	Ida	138	60	50	9	12	14	3	5
	Vuelta	150	78	47	6	10	14	3	5
	<b>Total</b>	<b>288</b>	<b>138</b>	<b>97</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>28</b>	<b>6</b>	<b>10</b>
Viernes	Ida	154	95	67	9	14	14	3	5
	Vuelta	168	89	59	7	12	13	3	5
	<b>Total</b>	<b>322</b>	<b>184</b>	<b>126</b>	<b>16</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>6</b>	<b>10</b>
Sábado	Ida	196	105	46	5	8	8	3	6
	Vuelta	184	100	28	7	7	7	3	6
	<b>Total</b>	<b>380</b>	<b>205</b>	<b>74</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>12</b>
IMDs	Ida	21.32653061	10.9795918	7.591836735	0.93877551	1.530612245	1.755102041	0.387755102	0.734693878
	Vuelta	21.28571429	10.8163265	6.673469388	0.65306122	1.448979592	1.612244898	0.387755102	0.734693878
	<b>Total</b>	<b>42.6122449</b>	<b>21.7959184</b>	<b>14.26530612</b>	<b>1.59183673</b>	<b>2.979591837</b>	<b>3.367346939</b>	<b>0.775510204</b>	<b>1.469387755</b>
IMDa	Ida	23.8579898	12.2828694	8.492987755	1.05020816	1.712295918	1.963432653	0.399697959	0.757322449
	Vuelta	23.81232857	12.1002245	7.465610204	0.73057959	1.620973469	1.803618367	0.399697959	0.757322449
	<b>Total</b>	<b>47.67031837</b>	<b>24.3830939</b>	<b>15.95859796</b>	<b>1.78078776</b>	<b>3.333269388</b>	<b>3.76705102</b>	<b>0.799395918</b>	<b>1.514644898</b>
<b>IMDa 2022</b>	<b>Total</b>	<b>48</b>	<b>24</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022	<b>RESPONSABLES:</b>	Bach. Chacón Silva Paola Bach. Chávez Melo Zarela
		<b>FECHA:</b>	Set-22

**ESTUDIO DE TRÁFICO EN PAVIMENTO FLEXIBLE - H.U.P. BELLO SUR**

**2. Cálculo de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn**

Tasa anual de crecimiento de vehículos livianos	r (%)	0.59
Tasa anual de crecimiento de vehículos pesados	r (%)	1.05
Años que pasa del estudio del proyecto a ejecución	n	4

<b>CRECIMIENTO DE TRÁFICO EN "n"</b>			$T_n = T_o (1 + r)^{n-1}$						
IMDa 2026	Total	192.944592	96.472296	64.314864	8.039358	12.059037	16.078716	8.615125	17.23025

TIPO DE VEHÍCULO			IMDa 2026	TIPO EJE	RUEDAS	CARGA EJE (Tn)	EE (8.2 tn)	EE * IMDa
VEHÍCULO LIVIANO	AUTO	1 EJE	192.944592	SIMPLE	2	1	0.000527017	0.101684994
		2 EJE	192.944592	SIMPLE	2	1	0.000527017	0.101684994
	S. WAGON	1 EJE	96.472296	SIMPLE	2	1	0.000527017	0.050842497
		2 EJE	96.472296	SIMPLE	2	1	0.000527017	0.050842497
	PICK UP	1 EJE	64.314864	SIMPLE	2	1	0.000527017	0.033894998
		2 EJE	64.314864	SIMPLE	2	1	0.000527017	0.033894998
	PANEL	1 EJE	8.039358	SIMPLE	2	1	0.000527017	0.004236875
		2 EJE	8.039358	SIMPLE	2	1	0.000527017	0.004236875
	C. RURAL	1 EJE	12.059037	SIMPLE	2	1	0.000527017	0.006355312
		2 EJE	12.059037	SIMPLE	2	1	0.000527017	0.006355312
	MICRO	1 EJE	16.078716	SIMPLE	2	1	0.000527017	0.00847375
		2 EJE	16.078716	SIMPLE	2	1	0.000527017	0.00847375
BUS	2E	1 EJE	8.615125	SIMPLE	2	7	1.265366749	10.90129271
		2 EJE	8.615125	SIMPLE	4	11	3.238286961	27.89824695
CAMIÓN	2E	1 EJE	17.23025	SIMPLE	2	7	1.265366749	21.80258542
		2 EJE	17.23025	SIMPLE	4	11	3.238286961	55.7964939

Tiempo de vida útil del pavimento (años)	20
Factor "Fca" de vehículos pesados $Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$	22.1264872
N° de calzadas, sentido, carril por sentido	1 calzada/2 sentidos/ 1 carril
Factor direccional (Fd)	0.5
Factor carril (Fc)	1
<b>Número de EE(ejes equivalentes)(ESALs)</b> #EE(8.2 tn) = 365 Σ(EE * IMDa) * Fca * Fd * Fc	<b>471686.9499</b>



**Diseño con Cantera**  
**San Pedrito**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022		
<b>UBICACIÓN:</b>	H.U.P. Bello Sur - Dist. Nuevo Chimbote - Prov. Santa - Dpto. Ancash		
<b>CANTERA:</b>	San Pedrito	<b>FECHA:</b>	Diciembre, 2022
<b>MUESTRA:</b>	Patrón (100% Cantera)	<b>RESPONSABLES:</b>	Tesistas

**DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE**  
**MÉTODO AASHTO 1993**

**1. Datos de tráfico y propiedades de la sub rasante**

A. Período de diseño en años (t):	20
B. Tasa de crecimiento anual (g%):	2.0
B. Número de ejes equivalentes total (W18)	471,687
C. Factor de confiabilidad (R)	75
D. Desviación Estándar Normal (Zr)	-0.674
E. Error de combinación estándar (So)	0.45
F. Índice de serviciabilidad inicial (pi)	3.8
G. Índice de serviciabilidad final (pt)	2.0
H. Diferencia de serviciabilidad ( $\Delta PSI = pi - pt$ )	1.8
I. CBR de la Sub rasante (%)	13.04
J. Módulo de resiliencia de la Subrasante (Psi)	13218.09

**2. Características de los materiales**

A. Módulo Resiliente del Concreto Asfáltico (Mr)	430000
B. Módulo Resiliente de la Base Granular (Mr)	30812.50
C. Módulo Resiliente de la Subbase Granular (Mr)	21068.75

**3. Datos para estructuración del refuerzo**

A. Coeficientes estructurales de capa	
Concreto asfáltico convencional (a1)	0.431
Base granular (a2)	0.141
Subbase granular (a3)	0.143
B. Coeficientes de drenaje de capa	
Base granular (m2)	1.0
Subbase granular (m3)	1.0

**4. Número estructural del pavimento (SN)**

$$\log_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(Mr) - 8.07$$

Reemplazando los datos en la fórmula, se obtiene el SN teórico:

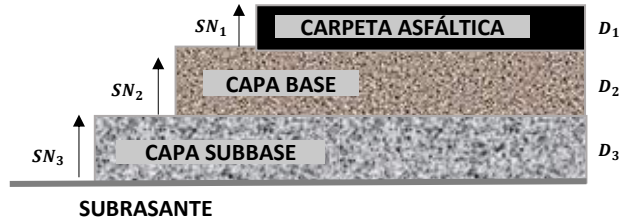
Para:  $SN = 2.21$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Base  $SN_1 = 1.58$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Subbase  $SN_2 = 1.85$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

**5. Cálculo de los espesores de capas del pavimento**

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$



**6. Estructura propuesta del pavimento**

Carpeta Asfáltica	=	3.00	pulg
Base Granular	=	7.00	pulg
<b>Espesor Total del Pavimento</b>	=	<b>10.00</b>	<b>pulg</b>

SN propuesto  $\geq$  SN teórico  
**2.28**  $\geq$  **2.21**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022		
<b>UBICACIÓN:</b>	H.U.P. Bello Sur - Dist. Nuevo Chimbote - Prov. Santa - Dpto. Ancash		
<b>CANTERA:</b>	San Pedrito	<b>FECHA:</b>	Diciembre, 2022
<b>MUESTRA:</b>	Combinación 1 (80% Cantera + 20% EHAE)	<b>RESPONSABLES:</b>	Tesistas

**DISSEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE**  
**MÉTODO AASHTO 1993**

**1. Datos de tráfico y propiedades de la sub rasante**

A. Período de diseño en años (t):	20
B. Tasa de crecimiento anual (g%):	2.0
B. Número de ejes equivalentes total (W18)	471,687
C. Factor de confiabilidad (R)	75
D. Desviación Estándar Normal (Zr)	-0.674
E. Error de combinación estándar (So)	0.45
F. Índice de serviciabilidad inicial (pi)	3.8
G. Índice de serviciabilidad final (pt)	2.0
H. Diferencia de serviciabilidad ( $\Delta PSI = pi - pt$ )	1.8
I. CBR de la Sub rasante (%)	13.04
J. Módulo de resiliencia de la Subrasante (Psi)	13218.09

**2. Características de los materiales**

A. Módulo Resiliente del Concreto Asfáltico (Mr)	430000
B. Módulo Resiliente de la Base Granular (Mr)	31889.17
C. Módulo Resiliente de la Subbase Granular (Mr)	21822.42

**3. Datos para estructuración del refuerzo**

A. Coeficientes estructurales de capa	
Concreto asfáltico convencional (a1)	0.431
Base granular (a2)	0.145
Subbase granular (a3)	0.148
B. Coeficientes de drenaje de capa	
Base granular (m2)	1.0
Subbase granular (m3)	1.0

**4. Número estructural del pavimento (SN)**

$$\log_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(Mr) - 8.07$$

Reemplazando los datos en la fórmula, se obtiene el SN teórico:

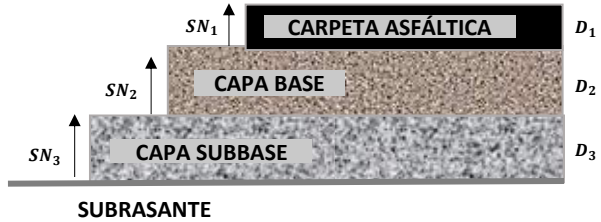
Para:  $SN = 2.21$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Base  $SN1 = 1.56$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Subbase  $SN2 = 1.82$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

**5. Cálculo de los espesores de capas del pavimento**

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$



**6. Estructura propuesta del pavimento**

Carpeta Asfáltica	=	3.00	pulg
Base Granular	=	6.50	pulg
<b>Espesor Total del Pavimento</b>	=	<b>9.50</b>	<b>pulg</b>

SN propuesto  $\geq$  SN teórico  
**2.24**  $\geq$  **2.21**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022		
<b>UBICACIÓN:</b>	H.U.P. Bello Sur - Dist. Nuevo Chimbote - Prov. Santa - Dpto. Ancash		
<b>CANTERA:</b>	San Pedrito	<b>FECHA:</b>	Diciembre, 2022
<b>MUESTRA:</b>	Combinación 2 (80% Cantera + 20% EHA)	<b>RESPONSABLES:</b>	Tesistas

**DISSEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE**  
**MÉTODO AASHTO 1993**

**1. Datos de tráfico y propiedades de la sub rasante**

A. Período de diseño en años (t):	20
B. Tasa de crecimiento anual (g%):	2.0
B. Número de ejes equivalentes total (W18)	471,687
C. Factor de confiabilidad (R)	75
D. Desviación Estándar Normal (Zr)	-0.674
E. Error de combinación estándar (So)	0.45
F. Índice de serviciabilidad inicial (pi)	3.8
G. Índice de serviciabilidad final (pt)	2.0
H. Diferencia de serviciabilidad ( $\Delta PSI = pi - pt$ )	1.8
I. CBR de la Sub rasante (%)	13.04
J. Módulo de resiliencia de la Subrasante (Psi)	13218.09

**2. Características de los materiales**

A. Módulo Resiliente del Concreto Asfáltico (Mr)	430000
B. Módulo Resiliente de la Base Granular (Mr)	31744.17
C. Módulo Resiliente de la Subbase Granular (Mr)	21720.92

**3. Datos para estructuración del refuerzo**

A. Coeficientes estructurales de capa	
Concreto asfáltico convencional (a1)	0.431
Base granular (a2)	0.144
Subbase granular (a3)	0.147
B. Coeficientes de drenaje de capa	
Base granular (m2)	1.0
Subbase granular (m3)	1.0

**4. Número estructural del pavimento (SN)**

$$\log_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(Mr) - 8.07$$

Reemplazando los datos en la fórmula, se obtiene el SN teórico:

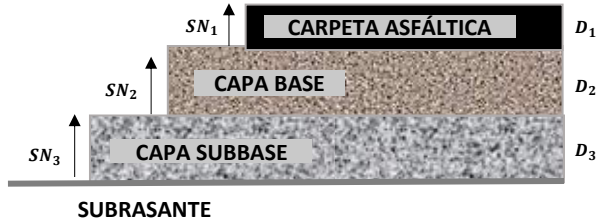
Para:  $SN = 2.21$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Base  $SN1 = 1.56$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Subbase  $SN2 = 1.82$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

**5. Cálculo de los espesores de capas del pavimento**

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$



**6. Estructura propuesta del pavimento**

Carpeta Asfáltica	=	3.00	pulg
Base Granular	=	6.50	pulg
<b>Espesor Total del Pavimento</b>	<b>=</b>	<b>9.50</b>	<b>pulg</b>

SN propuesto  $\geq$  SN teórico  
**2.23**  $\geq$  **2.21**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022		
<b>UBICACIÓN:</b>	H.U.P. Bello Sur - Dist. Nuevo Chimbote - Prov. Santa - Dpto. Ancash		
<b>CANTERA:</b>	San Pedrito	<b>FECHA:</b>	Diciembre, 2022
<b>MUESTRA:</b>	Combinación 3 (80% Cantera + 20% EHAE)	<b>RESPONSABLES:</b>	Tesistas

**DISSEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE**  
**MÉTODO AASHTO 1993**

**1. Datos de tráfico y propiedades de la sub rasante**

A. Período de diseño en años (t):	20
B. Tasa de crecimiento anual (g%):	2.0
B. Número de ejes equivalentes total (W18)	471,687
C. Factor de confiabilidad (R)	75
D. Desviación Estándar Normal (Zr)	-0.674
E. Error de combinación estándar (So)	0.45
F. Índice de serviciabilidad inicial (pi)	3.8
G. Índice de serviciabilidad final (pt)	2.0
H. Diferencia de serviciabilidad ( $\Delta PSI = pi - pt$ )	1.8
I. CBR de la Sub rasante (%)	13.04
J. Módulo de resiliencia de la Subrasante (Psi)	13218.09

**2. Características de los materiales**

A. Módulo Resiliente del Concreto Asfáltico (Mr)	430000
B. Módulo Resiliente de la Base Granular (Mr)	32027.50
C. Módulo Resiliente de la Subbase Granular (Mr)	21919.25

**3. Datos para estructuración del refuerzo**

A. Coeficientes estructurales de capa	
Concreto asfáltico convencional (a1)	0.431
Base granular (a2)	0.145
Subbase granular (a3)	0.148
B. Coeficientes de drenaje de capa	
Base granular (m2)	1.0
Subbase granular (m3)	1.0

**4. Número estructural del pavimento (SN)**

$$\log_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(Mr) - 8.07$$

Reemplazando los datos en la fórmula, se obtiene el SN teórico:

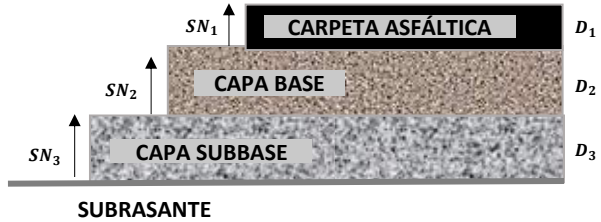
Para:  $SN = 2.21$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Base  $SN1 = 1.56$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Subbase  $SN2 = 1.82$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

**5. Cálculo de los espesores de capas del pavimento**

$$SN = a_1D_1+a_2D_2m_2+a_3D_3m_3$$



**6. Estructura propuesta del pavimento**

Carpeta Asfáltica	=	3.00	pulg
Base Granular	=	6.50	pulg
<b>Espesor Total del Pavimento</b>	<b>=</b>	<b>9.50</b>	<b>pulg</b>

SN propuesto  $\geq$  SN teórico  
**2.24**  $\geq$  **2.21**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022		
<b>UBICACIÓN:</b>	H.U.P. Bello Sur - Dist. Nuevo Chimbote - Prov. Santa - Dpto. Ancash		
<b>CANTERA:</b>	San Pedrito	<b>FECHA:</b>	Diciembre, 2022
<b>MUESTRA:</b>	Combinación 4 (80% Cantera + 20% EHAE)	<b>RESPONSABLES:</b>	Tesistas

**DISSEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE**  
**MÉTODO AASHTO 1993**

**1. Datos de tráfico y propiedades de la sub rasante**

A. Período de diseño en años (t):	20
B. Tasa de crecimiento anual (g%):	2.0
B. Número de ejes equivalentes total (W18)	471,687
C. Factor de confiabilidad (R)	75
D. Desviación Estándar Normal (Zr)	-0.674
E. Error de combinación estándar (So)	0.45
F. Índice de serviciabilidad inicial (pi)	3.8
G. Índice de serviciabilidad final (pt)	2.0
H. Diferencia de serviciabilidad ( $\Delta PSI = pi - pt$ )	1.8
I. CBR de la Sub rasante (%)	13.04
J. Módulo de resiliencia de la Subrasante (Psi)	13218.09

**2. Características de los materiales**

A. Módulo Resiliente del Concreto Asfáltico (Mr)	430000
B. Módulo Resiliente de la Base Granular (Mr)	32258.33
C. Módulo Resiliente de la Subbase Granular (Mr)	22080.83

**3. Datos para estructuración del refuerzo**

A. Coeficientes estructurales de capa	
Concreto asfáltico convencional (a1)	0.431
Base granular (a2)	0.146
Subbase granular (a3)	0.149
B. Coeficientes de drenaje de capa	
Base granular (m2)	1.0
Subbase granular (m3)	1.0

**4. Número estructural del pavimento (SN)**

$$\log_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(Mr) - 8.07$$

Reemplazando los datos en la fórmula, se obtiene el SN teórico:

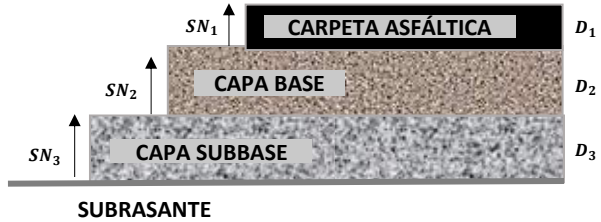
Para:  $SN = 2.21$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Base  $SN1 = 1.55$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Subbase  $SN2 = 1.81$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

**5. Cálculo de los espesores de capas del pavimento**

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$



**6. Estructura propuesta del pavimento**

Carpeta Asfáltica	=	3.00	pulg
Base Granular	=	6.50	pulg
<b>Espesor Total del Pavimento</b>	=	<b>9.50</b>	<b>pulg</b>

SN propuesto  $\geq$  SN teórico  
**2.24**  $\geq$  **2.21**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022		
<b>UBICACIÓN:</b>	H.U.P. Bello Sur - Dist. Nuevo Chimbote - Prov. Santa - Dpto. Ancash		
<b>CANTERA:</b>	San Pedrito	<b>FECHA:</b>	Diciembre, 2022
<b>MUESTRA:</b>	Combinación 5 (80% Cantera + 20% EHAE)	<b>RESPONSABLES:</b>	Tesistas

**DISSEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE**  
**MÉTODO AASHTO 1993**

**1. Datos de tráfico y propiedades de la sub rasante**

A. Período de diseño en años (t):	20
B. Tasa de crecimiento anual (g%):	2.0
B. Número de ejes equivalentes total (W18)	471,687
C. Factor de confiabilidad (R)	75
D. Desviación Estándar Normal (Zr)	-0.674
E. Error de combinación estándar (So)	0.45
F. Índice de serviciabilidad inicial (pi)	3.8
G. Índice de serviciabilidad final (pt)	2.0
H. Diferencia de serviciabilidad ( $\Delta PSI = pi - pt$ )	1.8
I. CBR de la Sub rasante (%)	13.04
J. Módulo de resiliencia de la Subrasante (Psi)	13218.09

**2. Características de los materiales**

A. Módulo Resiliente del Concreto Asfáltico (Mr)	430000
B. Módulo Resiliente de la Base Granular (Mr)	32098.33
C. Módulo Resiliente de la Subbase Granular (Mr)	21968.83

**3. Datos para estructuración del refuerzo**

A. Coeficientes estructurales de capa	
Concreto asfáltico convencional (a1)	0.431
Base granular (a2)	0.146
Subbase granular (a3)	0.148
B. Coeficientes de drenaje de capa	
Base granular (m2)	1.0
Subbase granular (m3)	1.0

**4. Número estructural del pavimento (SN)**

$$\log_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(Mr) - 8.07$$

Reemplazando los datos en la fórmula, se obtiene el SN teórico:

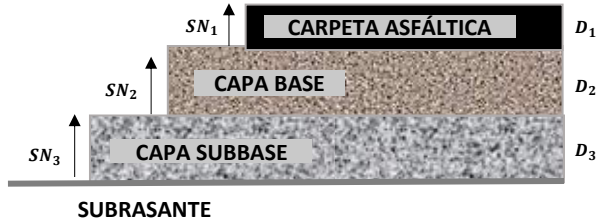
Para:  $SN = 2.21$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Base  $SN1 = 1.55$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Subbase  $SN2 = 1.81$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

**5. Cálculo de los espesores de capas del pavimento**

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$



**6. Estructura propuesta del pavimento**

Carpeta Asfáltica	=	3.00	pulg
Base Granular	=	6.50	pulg
<b>Espesor Total del Pavimento</b>	=	<b>9.50</b>	<b>pulg</b>

SN propuesto  $\geq$  SN teórico  
**2.24**  $\geq$  **2.21**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022		
<b>UBICACIÓN:</b>	H.U.P. Bello Sur - Dist. Nuevo Chimbote - Prov. Santa - Dpto. Ancash		
<b>CANTERA:</b>	San Pedrito	<b>FECHA:</b>	Diciembre, 2022
<b>MUESTRA:</b>	Combinación 6 (80% Cantera + 20% EHAE)	<b>RESPONSABLES:</b>	Tesistas

**DISSEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE**  
**MÉTODO AASHTO 1993**

**1. Datos de tráfico y propiedades de la sub rasante**

A. Período de diseño en años (t):	20
B. Tasa de crecimiento anual (g%):	2.0
B. Número de ejes equivalentes total (W18)	471,687
C. Factor de confiabilidad (R)	75
D. Desviación Estándar Normal (Zr)	-0.674
E. Error de combinación estándar (So)	0.45
F. Índice de serviciabilidad inicial (pi)	3.8
G. Índice de serviciabilidad final (pt)	2.0
H. Diferencia de serviciabilidad ( $\Delta PSI = pi - pt$ )	1.8
I. CBR de la Sub rasante (%)	13.04
J. Módulo de resiliencia de la Subrasante (Psi)	13218.09

**2. Características de los materiales**

A. Módulo Resiliente del Concreto Asfáltico (Mr)	430000
B. Módulo Resiliente de la Base Granular (Mr)	32376.67
C. Módulo Resiliente de la Subbase Granular (Mr)	22163.67

**3. Datos para estructuración del refuerzo**

A. Coeficientes estructurales de capa	
Concreto asfáltico convencional (a1)	0.431
Base granular (a2)	0.147
Subbase granular (a3)	0.150
B. Coeficientes de drenaje de capa	
Base granular (m2)	1.0
Subbase granular (m3)	1.0

**4. Número estructural del pavimento (SN)**

$$\log_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(Mr) - 8.07$$

Reemplazando los datos en la fórmula, se obtiene el SN teórico:

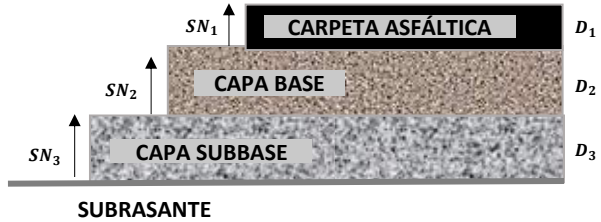
Para:  $SN = 2.21$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Base  $SN1 = 1.55$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Subbase  $SN2 = 1.81$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

**5. Cálculo de los espesores de capas del pavimento**

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$



**6. Estructura propuesta del pavimento**

Carpeta Asfáltica	=	3.00	pulg
Base Granular	=	6.00	pulg
<b>Espesor Total del Pavimento</b>	<b>=</b>	<b>9.00</b>	<b>pulg</b>

SN propuesto  $\geq$  SN teórico  
**2.25**  $\geq$  **2.21**



# **Diseño con Cantera**

## **Cambio Puente**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022		
<b>UBICACIÓN:</b>	H.U.P. Bello Sur - Dist. Nuevo Chimbote - Prov. Santa - Dpto. Ancash		
<b>CANTERA:</b>	Cambio Puente	<b>FECHA:</b>	Diciembre, 2022
<b>MUESTRA:</b>	Patrón (100% Cantera)	<b>RESPONSABLES:</b>	Tesistas

**DISSEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE**  
**MÉTODO AASHTO 1993**

**1. Datos de tráfico y propiedades de la sub rasante**

A. Período de diseño en años (t):	20
B. Tasa de crecimiento anual (g%):	2.0
B. Número de ejes equivalentes total (W18)	471,687
C. Factor de confiabilidad (R)	75
D. Desviación Estándar Normal (Zr)	-0.674
E. Error de combinación estándar (So)	0.45
F. Índice de serviciabilidad inicial (pi)	3.8
G. Índice de serviciabilidad final (pt)	2.0
H. Diferencia de serviciabilidad ( $\Delta PSI = pi - pt$ )	1.8
I. CBR de la Sub rasante (%)	13.04
J. Módulo de resiliencia de la Subrasante (Psi)	13218.09

**2. Características de los materiales**

A. Módulo Resiliente del Concreto Asfáltico (Mr)	430000
B. Módulo Resiliente de la Base Granular (Mr)	27285.00
C. Módulo Resiliente de la Subbase Granular (Mr)	18669.38

**3. Datos para estructuración del refuerzo**

A. Coeficientes estructurales de capa	
Concreto asfáltico convencional (a1)	0.431
Base granular (a2)	0.128
Subbase granular (a3)	0.130
B. Coeficientes de drenaje de capa	
Base granular (m2)	1.0
Subbase granular (m3)	1.0

**4. Número estructural del pavimento (SN)**

$$\log_{10}(W18) = Zr \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(Mr) - 8.07$$

Reemplazando los datos en la fórmula, se obtiene el SN teórico:

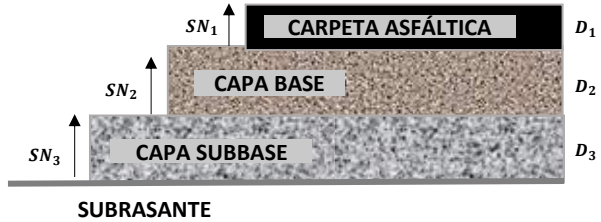
Para:  $SN = 2.21$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Base  $SN1 = 1.66$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Subbase  $SN2 = 1.94$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

**5. Cálculo de los espesores de capas del pavimento**

$$SN = a_1D_1+a_2D_2m_2+a_3D_3m_3$$



**6. Estructura propuesta del pavimento**

Carpeta Asfáltica	=	3.00	pulg
Base Granular	=	8.00	pulg
<b>Espesor Total del Pavimento</b>	<b>=</b>	<b>11.00</b>	<b>pulg</b>

SN propuesto  $\geq$  SN teórico  
**2.27**  $\geq$  **2.21**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022		
<b>UBICACIÓN:</b>	H.U.P. Bello Sur - Dist. Nuevo Chimbote - Prov. Santa - Dpto. Ancash		
<b>CANTERA:</b>	Cambio Puente	<b>FECHA:</b>	Diciembre, 2022
<b>MUESTRA:</b>	Combinación 1 (75% Cantera + 25% EHAE)	<b>RESPONSABLES:</b>	Tesistas

**DISSEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE**  
**MÉTODO AASHTO 1993**

**1. Datos de tráfico y propiedades de la sub rasante**

A. Período de diseño en años (t):	20
B. Tasa de crecimiento anual (g%):	2.0
B. Número de ejes equivalentes total (W18)	471,687
C. Factor de confiabilidad (R)	75
D. Desviación Estándar Normal (Zr)	-0.674
E. Error de combinación estándar (So)	0.45
F. Índice de serviciabilidad inicial (pi)	3.8
G. Índice de serviciabilidad final (pt)	2.0
H. Diferencia de serviciabilidad ( $\Delta PSI = pi - pt$ )	1.8
I. CBR de la Sub rasante (%)	13.04
J. Módulo de resiliencia de la Subrasante (Psi)	13218.09

**2. Características de los materiales**

A. Módulo Resiliente del Concreto Asfáltico (Mr)	430000
B. Módulo Resiliente de la Base Granular (Mr)	29026.67
C. Módulo Resiliente de la Subbase Granular (Mr)	19818.67

**3. Datos para estructuración del refuerzo**

A. Coeficientes estructurales de capa	
Concreto asfáltico convencional (a1)	0.431
Base granular (a2)	0.134
Subbase granular (a3)	0.136
B. Coeficientes de drenaje de capa	
Base granular (m2)	1.0
Subbase granular (m3)	1.0

**4. Número estructural del pavimento (SN)**

$$\log_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(Mr) - 8.07$$



Reemplazando los datos en la fórmula, se obtiene el SN teórico:

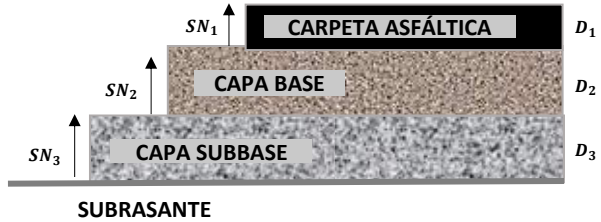
Para:  $SN = 2.21$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Base  $SN1 = 1.62$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Subbase  $SN2 = 1.89$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

**5. Cálculo de los espesores de capas del pavimento**

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$



**6. Estructura propuesta del pavimento**

Carpeta Asfáltica	=	3.00	pulg
Base Granular	=	7.00	pulg
<b>Espesor Total del Pavimento</b>	<b>=</b>	<b>10.00</b>	<b>pulg</b>

SN propuesto  $\geq$  SN teórico  
**2.23**  $\geq$  **2.21**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022		
<b>UBICACIÓN:</b>	H.U.P. Bello Sur - Dist. Nuevo Chimbote - Prov. Santa - Dpto. Ancash		
<b>CANTERA:</b>	Cambio Puente	<b>FECHA:</b>	Diciembre, 2022
<b>MUESTRA:</b>	Combinación 2 (75% Cantera + 25% EHAE)	<b>RESPONSABLES:</b>	Tesistas

**DISSEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE**  
**MÉTODO AASHTO 1993**

**1. Datos de tráfico y propiedades de la sub rasante**

A. Período de diseño en años (t):	20
B. Tasa de crecimiento anual (g%):	2.0
B. Número de ejes equivalentes total (W18)	471,687
C. Factor de confiabilidad (R)	75
D. Desviación Estándar Normal (Zr)	-0.674
E. Error de combinación estándar (So)	0.45
F. Índice de serviciabilidad inicial (pi)	3.8
G. Índice de serviciabilidad final (pt)	2.0
H. Diferencia de serviciabilidad ( $\Delta PSI = pi - pt$ )	1.8
I. CBR de la Sub rasante (%)	13.04
J. Módulo de resiliencia de la Subrasante (Psi)	13218.09

**2. Características de los materiales**

A. Módulo Resiliente del Concreto Asfáltico (Mr)	430000
B. Módulo Resiliente de la Base Granular (Mr)	28640.83
C. Módulo Resiliente de la Subbase Granular (Mr)	19548.58

**3. Datos para estructuración del refuerzo**

A. Coeficientes estructurales de capa	
Concreto asfáltico convencional (a1)	0.431
Base granular (a2)	0.133
Subbase granular (a3)	0.135
B. Coeficientes de drenaje de capa	
Base granular (m2)	1.0
Subbase granular (m3)	1.0

**4. Número estructural del pavimento (SN)**

$$\log_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(Mr) - 8.07$$

Reemplazando los datos en la fórmula, se obtiene el SN teórico:

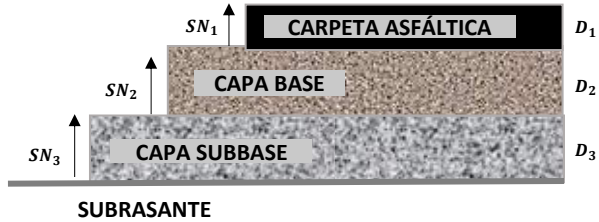
Para:  $SN = 2.21$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Base  $SN1 = 1.63$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Subbase  $SN2 = 1.90$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

### 5. Cálculo de los espesores de capas del pavimento

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$



### 6. Estructura propuesta del pavimento

Carpeta Asfáltica	=	3.00	pulg
Base Granular	=	7.50	pulg
<b>Espesor Total del Pavimento</b>	=	<b>10.50</b>	<b>pulg</b>

SN propuesto  $\geq$  SN teórico  
**2.24**  $\geq$  **2.21**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022		
<b>UBICACIÓN:</b>	H.U.P. Bello Sur - Dist. Nuevo Chimbote - Prov. Santa - Dpto. Ancash		
<b>CANTERA:</b>	Cambio Puente	<b>FECHA:</b>	Diciembre, 2022
<b>MUESTRA:</b>	Combinación 3 (75% Cantera + 25% EHAE)	<b>RESPONSABLES:</b>	Tesistas

**DISSEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE**  
**MÉTODO AASHTO 1993**

**1. Datos de tráfico y propiedades de la sub rasante**

A. Período de diseño en años (t):	20
B. Tasa de crecimiento anual (g%):	2.0
B. Número de ejes equivalentes total (W18)	471,687
C. Factor de confiabilidad (R)	75
D. Desviación Estándar Normal (Zr)	-0.674
E. Error de combinación estándar (So)	0.45
F. Índice de serviciabilidad inicial (pi)	3.8
G. Índice de serviciabilidad final (pt)	2.0
H. Diferencia de serviciabilidad ( $\Delta PSI = pi - pt$ )	1.8
I. CBR de la Sub rasante (%)	13.04
J. Módulo de resiliencia de la Subrasante (Psi)	13218.09

**2. Características de los materiales**

A. Módulo Resiliente del Concreto Asfáltico (Mr)	430000
B. Módulo Resiliente de la Base Granular (Mr)	28769.17
C. Módulo Resiliente de la Subbase Granular (Mr)	19638.42

**3. Datos para estructuración del refuerzo**

A. Coeficientes estructurales de capa	
Concreto asfáltico convencional (a1)	0.431
Base granular (a2)	0.134
Subbase granular (a3)	0.135
B. Coeficientes de drenaje de capa	
Base granular (m2)	1.0
Subbase granular (m3)	1.0

**4. Número estructural del pavimento (SN)**

$$\log_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(Mr) - 8.07$$

Reemplazando los datos en la fórmula, se obtiene el SN teórico:

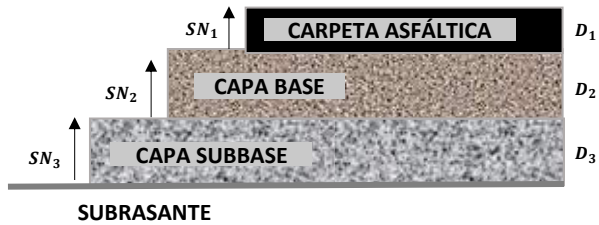
Para:  $SN = 2.21$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Base  $SN1 = 1.63$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Subbase  $SN2 = 1.90$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

### 5. Cálculo de los espesores de capas del pavimento

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$



### 6. Estructura propuesta del pavimento

Carpeta Asfáltica	=	3.00	pulg
Base Granular	=	7.50	pulg
<b>Espeor Total del Pavimento</b>	<b>=</b>	<b>10.50</b>	<b>pulg</b>

SN propuesto  $\geq$  SN teórico  
**2.25**  $\geq$  **2.21**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022		
<b>UBICACIÓN:</b>	H.U.P. Bello Sur - Dist. Nuevo Chimbote - Prov. Santa - Dpto. Ancash		
<b>CANTERA:</b>	Cambio Puente	<b>FECHA:</b>	Diciembre, 2022
<b>MUESTRA:</b>	Combinación 4 (75% Cantera + 25% EHAE)	<b>RESPONSABLES:</b>	Tesistas

**DISSEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE**  
**MÉTODO AASHTO 1993**

**1. Datos de tráfico y propiedades de la sub rasante**

A. Período de diseño en años (t):	20
B. Tasa de crecimiento anual (g%):	2.0
B. Número de ejes equivalentes total (W18)	471,687
C. Factor de confiabilidad (R)	75
D. Desviación Estándar Normal (Zr)	-0.674
E. Error de combinación estándar (So)	0.45
F. Índice de serviciabilidad inicial (pi)	3.8
G. Índice de serviciabilidad final (pt)	2.0
H. Diferencia de serviciabilidad ( $\Delta PSI = pi - pt$ )	1.8
I. CBR de la Sub rasante (%)	13.04
J. Módulo de resiliencia de la Subrasante (Psi)	13218.09

**2. Características de los materiales**

A. Módulo Resiliente del Concreto Asfáltico (Mr)	430000
B. Módulo Resiliente de la Base Granular (Mr)	28546.67
C. Módulo Resiliente de la Subbase Granular (Mr)	19482.67

**3. Datos para estructuración del refuerzo**

A. Coeficientes estructurales de capa	
Concreto asfáltico convencional (a1)	0.431
Base granular (a2)	0.133
Subbase granular (a3)	0.134
B. Coeficientes de drenaje de capa	
Base granular (m2)	1.0
Subbase granular (m3)	1.0

**4. Número estructural del pavimento (SN)**

$$\log_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(Mr) - 8.07$$



Reemplazando los datos en la fórmula, se obtiene el SN teórico:

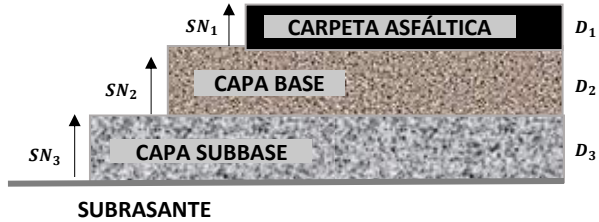
Para:  $SN = 2.21$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Base  $SN1 = 1.63$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Subbase  $SN2 = 1.90$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

### 5. Cálculo de los espesores de capas del pavimento

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$



### 6. Estructura propuesta del pavimento

Carpeta Asfáltica	=	3.00	pulg
Base Granular	=	7.50	pulg
<b>Espesor Total del Pavimento</b>	<b>=</b>	<b>10.50</b>	<b>pulg</b>

SN propuesto  $\geq$  SN teórico  
**2.24**  $\geq$  **2.21**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022		
<b>UBICACIÓN:</b>	H.U.P. Bello Sur - Dist. Nuevo Chimbote - Prov. Santa - Dpto. Ancash		
<b>CANTERA:</b>	Cambio Puente	<b>FECHA:</b>	Diciembre, 2022
<b>MUESTRA:</b>	Combinación 5 (75% Cantera + 25% EHAE)	<b>RESPONSABLES:</b>	Tesistas

**DISSEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE**  
**MÉTODO AASHTO 1993**

**1. Datos de tráfico y propiedades de la sub rasante**

A. Período de diseño en años (t):	20
B. Tasa de crecimiento anual (g%):	2.0
B. Número de ejes equivalentes total (W18)	471,687
C. Factor de confiabilidad (R)	75
D. Desviación Estándar Normal (Zr)	-0.674
E. Error de combinación estándar (So)	0.45
F. Índice de serviciabilidad inicial (pi)	3.8
G. Índice de serviciabilidad final (pt)	2.0
H. Diferencia de serviciabilidad ( $\Delta PSI = pi - pt$ )	1.8
I. CBR de la Sub rasante (%)	13.04
J. Módulo de resiliencia de la Subrasante (Psi)	13218.09

**2. Características de los materiales**

A. Módulo Resiliente del Concreto Asfáltico (Mr)	430000
B. Módulo Resiliente de la Base Granular (Mr)	28850.00
C. Módulo Resiliente de la Subbase Granular (Mr)	19695.00

**3. Datos para estructuración del refuerzo**

A. Coeficientes estructurales de capa	
Concreto asfáltico convencional (a1)	0.431
Base granular (a2)	0.134
Subbase granular (a3)	0.135
B. Coeficientes de drenaje de capa	
Base granular (m2)	1.0
Subbase granular (m3)	1.0

**4. Número estructural del pavimento (SN)**

$$\log_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(Mr) - 8.07$$

Reemplazando los datos en la fórmula, se obtiene el SN teórico:

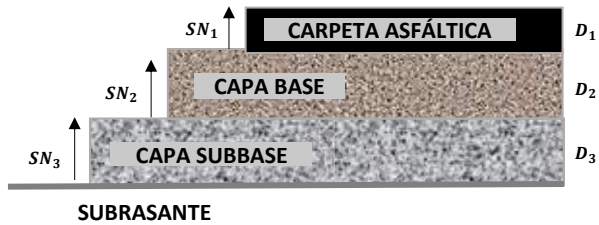
Para:  $SN = 2.21$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Base  $SN1 = 1.63$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Subbase  $SN2 = 1.90$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

### 5. Cálculo de los espesores de capas del pavimento

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$



### 6. Estructura propuesta del pavimento

Carpeta Asfáltica	=	3.00	pulg
Base Granular	=	7.50	pulg
<b>Espesor Total del Pavimento</b>	=	<b>10.50</b>	<b>pulg</b>

SN propuesto  $\geq$  SN teórico  
**2.25**  $\geq$  **2.21**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022		
<b>UBICACIÓN:</b>	H.U.P. Bello Sur - Dist. Nuevo Chimbote - Prov. Santa - Dpto. Ancash		
<b>CANTERA:</b>	Cambio Puente	<b>FECHA:</b>	Diciembre, 2022
<b>MUESTRA:</b>	Combinación 6 (75% Cantera + 25% EHAE)	<b>RESPONSABLES:</b>	Tesistas

**DISSEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE**  
**MÉTODO AASHTO 1993**

**1. Datos de tráfico y propiedades de la sub rasante**

A. Período de diseño en años (t):	20
B. Tasa de crecimiento anual (g%):	2.0
B. Número de ejes equivalentes total (W18)	471,687
C. Factor de confiabilidad (R)	75
D. Desviación Estándar Normal (Zr)	-0.674
E. Error de combinación estándar (So)	0.45
F. Índice de serviciabilidad inicial (pi)	3.8
G. Índice de serviciabilidad final (pt)	2.0
H. Diferencia de serviciabilidad ( $\Delta PSI = pi - pt$ )	1.8
I. CBR de la Sub rasante (%)	13.04
J. Módulo de resiliencia de la Subrasante (Psi)	13218.09

**2. Características de los materiales**

A. Módulo Resiliente del Concreto Asfáltico (Mr)	430000
B. Módulo Resiliente de la Base Granular (Mr)	28440.00
C. Módulo Resiliente de la Subbase Granular (Mr)	19408.00

**3. Datos para estructuración del refuerzo**

A. Coeficientes estructurales de capa	
Concreto asfáltico convencional (a1)	0.431
Base granular (a2)	0.132
Subbase granular (a3)	0.134
B. Coeficientes de drenaje de capa	
Base granular (m2)	1.0
Subbase granular (m3)	1.0

**4. Número estructural del pavimento (SN)**

$$\log_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(Mr) - 8.07$$

Reemplazando los datos en la fórmula, se obtiene el SN teórico:

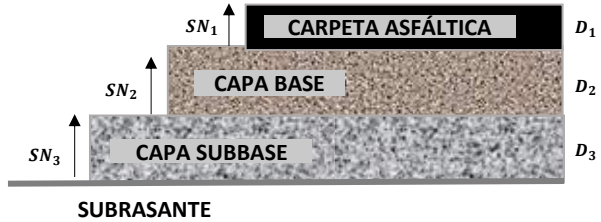
Para:  $SN = 2.21$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Base  $SN1 = 1.63$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

Número estructural de la Subbase  $SN2 = 1.91$  (Iterar)  
 $5.674 = 5.674$

**5. Cálculo de los espesores de capas del pavimento**


$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$



**6. Estructura propuesta del pavimento**

Carpeta Asfáltica	=	3.00	pulg
Base Granular	=	7.50	pulg
<b>Espesor Total del Pavimento</b>	=	<b>10.50</b>	<b>pulg</b>

SN propuesto  $\geq$  SN teórico  
**2.23**  $\geq$  **2.21**



**ANEXO 3. Análisis de  
Costos Unitarios y  
Presupuesto del  
Pavimento**



## CÁLCULO DE RENDIMIENTO DE TRANSPORTE DE EHAE

**PROYECTO: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"**

**PROVINCIA:** SANTA

**RESPONSABLES:** Tesistas

**DISTRITO :** CHIMBOTE - NVO. CHIMBOTE

**FECHA:** Diciembre, 2022

**PARTIDA:** TRANSPORTE DE MATERIAL DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS

**UNIDAD:** M3-Km

**RENDIMIENTO:** 148.30 M3/DIA

**DATOS GENERALES**

Velocidad Cargado		45.00 km/hr
Velocidad Descargado		40.00 km/hr
Tiempo de Viaje Cargado	(Tc)	0.25111111 x d
Tiempo de Viaje Descargado	(Td)	1.5 x d
Volumen de la Tolva del Volquete	(a)	15.00 m3
Distancia de transporte de Sider Perú a A.H. Bello Sur		<b>16.20 km</b>

**CALCULO DE RENDIMIENTOS**

Tiempo de Carga al Volquete	Tcv	6.10 min
Tiempo de Descarga del Volquete	Tdv	6.00 min
Tiempo Útil : 8 hrs. x 100.00%	(b)	480 min
Tiempo de Ciclo del Volquete	Tciclo = Tcv+Tdv+Tc+Td	12.10 + 1.75 x d
Para d= 1.00 km, Ciclo=	(c)	40.47 min
Numero de ciclos	(d) = (b) / (c)	11.86
Volumen Transportado por el Volquete	(e) = (a) x (d)	177.9 m3/dia
Cargador s//lantas 200-250HP, 3 y3		Rend = 1180.00 m3/dia

**RENDIMIENTO PARA UNA DISTANCIA "d" :**

d = 16.20 Km

Esponjamiento= 1.20

Rendimiento = 148.25 m3

**Rendimiento m3k**

**2401.65**

## CÁLCULO DEL COSTO UNITARIO DE LA EHA

**PROYECTO: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"**

**PROVINCIA:** SANTA

**RESPONSABLES:** Tesistas

**DISTRITO :** CHIMBOTE - NVO. CHIMBOTE

**FECHA:** Diciembre, 2022

Partida	Transporte de material granular (escoria de hornos eléctricos) para base D> 1 km					
<b>Rendimiento</b>	2401.65 m3k/dia	EQ. 2401.65	Costo unitario directo por : m3K			<b>0.60</b>
<b>Jornada</b>	8 h					
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
348040036	Mano de Obra Camión Volquete de 15 m3	hm	1.0000	0.0033	180.00	0.60
						<b>0.60</b>

DISTANCIA DE SIDERPERÚ A A.H BELLO SUR (Km) : 16.20

**COSTO UNITARIO POR M3K** : 0.60

**COSTO TOTAL DE TRASLADO (S/. /m3) ... (A)** : 9.71

CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL (S/. /m3) : 14.52

**FLETE INTERNO (S/. /m3)** : 9.68

**COSTO DENTRO DE PLANTA (S/. /m3) ... (B)** 24.20

**COSTO TOTAL PARA CLIENTE (S/. /m3) ... (A+B)** : **33.91**



**ACU y Presupuesto**  
**Cantera San Pedrito**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022	<b>RESPONSABLES:</b>	Bach. Chacón Silva Paola Bach. Chávez Melo Zarela
		<b>FECHA:</b>	Dic-22

**ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS**

<b>Cantera:</b>	San Pedrito
<b>Material:</b>	100% Material de Cantera

Partida	01.01.01	TRAZO Y REPLANTEO C/EQUIPO					
<b>Rendimiento</b>	500 m2/DIA	EQ. 500	Costo unitario directo por : m2				<b>2.99</b>
<b>Jornada</b>	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	TOPÓGRAFO	hh	1.0000	0.0160	25.23	0.40	
0101010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0160	19.17	0.31	
0101010006	PEÓN	hh	2.0000	0.0320	17.33	0.55	
						<b>1.26</b>	
<b>Materiales</b>							
02041200010009	YESO DE 28 Kg	BOL		0.0300	29.50	0.89	
02070200010001	WINCHA	und		0.0100	25.00	0.25	
0213010008	ESTACA DE MADERA	p2		0.0200	9.00	0.18	
						<b>1.32</b>	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	1.26	0.04	
0301010007	TEODOLITO Y MIRA	hm	1.0000	0.0160	15.00	0.24	
0301340008	NIVEL TOPOGRÁFICO	hm	1.0000	0.0160	8.00	0.13	
						<b>0.41</b>	

Partida	01.02.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO A NIVEL DE SUBRASANTE C/EQUIPO					
<b>Rendimiento</b>	280 m2/DIA	EQ. 280	Costo unitario directo por : m3				<b>6.90</b>
<b>Jornada</b>	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0286	19.17	0.55	
0101010006	PEÓN	hh	2.0000	0.0571	17.33	0.99	
						<b>1.54</b>	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	1.54	0.05	
0301010007	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3YD3	hm	1.0000	0.0286	186.00	5.31	
						<b>5.36</b>	

Partida	01.02.02	CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE					
<b>Rendimiento</b>	1800 m2/DIA	EQ. 1800	Costo unitario directo por : m2				<b>3.23</b>
<b>Jornada</b>	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0044	19.17	0.09	
0101010006	PEÓN	hh	3.0000	0.0133	17.33	0.23	
						<b>0.32</b>	
<b>Materiales</b>							
0213010008	AGUA	m3		0.1000	12.00	1.20	
						<b>1.20</b>	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.31	0.01	
0301010007	RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T	hm	1.0000	0.0044	180.00	0.80	
0301340008	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0044	203.00	0.90	
						<b>1.71</b>	

Partida	01.02.03		ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON VOLQUETE				
Rendimiento	360 m2/DIA	EQ. 360			Costo unitario directo por : m3	19.15	
Jornada	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010006	PEÓN	hh	2.0000	0.0444	17.33	0.77	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.77	0.02	
0301010007	CAMIÓN VOLQUETE 15 M3	hm	4.0000	0.0889	160.00	14.22	
0301010007	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3	hm	1.0000	0.0222	186.00	4.13	
<b>18.38</b>							
Partida	01.03.01		BASE GRANULAR				
Rendimiento	1000 m2/DIA	EQ. 1000			Costo unitario directo por : m2	12.07	
Jornada	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0080	19.17	0.15	
0101010006	PEÓN	hh	4.0000	0.0320	17.33	0.55	
<b>0.71</b>							
<b>Materiales</b>							
02070200010001	AFIRMADO	m3		0.2160	30.00	6.48	
0213010008	AGUA	m3		0.1500	12.00	1.80	
<b>8.28</b>							
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.70	0.02	
0301010007	RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T	hm	1.0000	0.0080	180.00	1.44	
0301340008	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0080	203.00	1.62	
<b>3.09</b>							
Partida	01.03.02		BARRIDO PARA IMPRIMACIÓN				
Rendimiento	1300 m2/DIA	EQ. 1300			Costo unitario directo por : m2	0.73	
Jornada	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0062	19.17	0.12	
0101010006	PEÓN	hh	1.0000	0.0062	17.33	0.11	
<b>0.22</b>							
<b>Materiales</b>							
02070200010001	ESCOBA	m3		0.0010	8.00	0.01	
<b>0.01</b>							
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.23	0.01	
0301010007	BARREDORA MECÁNICA	hm	1.0000	0.0062	80.00	0.49	
<b>0.50</b>							
Partida	01.03.03		IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA CON MC-30				
Rendimiento	3000 m2/DIA	EQ. 3000			Costo unitario directo por : m2	5.07	
Jornada	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010004	OPERARIO	hh	1.0000	0.0027	24.29	0.06	
0101010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0027	19.17	0.05	
0101010006	PEÓN	hh	2.0000	0.0053	17.33	0.09	
<b>0.21</b>							
<b>Materiales</b>							
02070200010001	ARENA GRUESA	m3		0.0070	18.64	0.13	
0213010008	LÍQUIDO ASFÁLTICO MC-30	gln		0.3200	12.50	4.00	
<b>4.13</b>							
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.21	0.01	
0301010007	COMPRESORA NEUMÁTICA 76 HP 125-175 PCM	hm	1.0000	0.0027	140.00	0.37	
0301340008	CAMIÓN IMPRIMADOR	hm	1.0000	0.0027	130.00	0.35	
<b>0.73</b>							





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022	<b>RESPONSABLES:</b>	Bach. Chacón Silva Paola Bach. Chávez Melo Zarela
		<b>FECHA:</b>	Dic-22

**SUSTENTO DE METRADOS - PAVIMENTO FLEXIBLE**

<b>Cantera:</b>	San Pedrito
<b>Material:</b>	100% Material de Cantera

**01 PAVIMENTACIÓN**

**01.01 OBRAS PRELIMINARES**

01.01.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR							UND: M2
	DESCRIPCION	Nº veces	Nº Elem.	Area/Long. (m2/m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total
								<b>6,720.37</b>
	CALLE 4	1.00		124.24	9.40		1,167.86	
	CALLE 3	1.00		126.00	6.00		756.00	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		133.14	6.00		798.84	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		129.66	6.00		777.96	
	CALLE 1B	1.00		149.61	6.00		897.66	
	CALLE 1A	1.00		155.76	5.90		918.98	
	PASAJE 1	1.00		41.73	3.60		150.23	
	CALLE 8	1.00		108.81	5.40		587.57	
	CALLE 7	1.00		109.78	6.06		665.27	

**01.02 MOVIMIENTO DE TIERRAS**

01.02.01	CORTE HASTA NIVEL DE SUBRASANTE C/ MAQUINARIA							UND: M3
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area (m2)	Ancho (m)	Altura de corte (m)	Parcial	Total
								<b>1,209.67</b>
	CALLE 4	1.00		1,167.86		0.18	210.21	
	CALLE 3	1.00		756.00		0.18	136.08	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		798.84		0.18	143.79	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		777.96		0.18	140.03	
	CALLE 1B	1.00		897.66		0.18	161.58	
	CALLE 1A	1.00		918.98		0.18	165.42	
	PASAJE 1	1.00		150.23		0.18	27.04	
	CALLE 8	1.00		587.57		0.18	105.76	
	CALLE 7	1.00		665.27		0.18	119.75	

01.02.02	CONFORMACION DE SUB RASANTE C/ MOTONIVELADORA							UND: M2
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area (m2)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total
								<b>6,720.37</b>
	CALLE 4	1.00		1,167.86			1,167.86	
	CALLE 3	1.00		756.00			756.00	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		798.84			798.84	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		777.96			777.96	
	CALLE 1B	1.00		897.66			897.66	
	CALLE 1A	1.00		918.98			918.98	
	PASAJE 1	1.00		150.23			150.23	
	CALLE 8	1.00		587.57			587.57	
	CALLE 7	1.00		665.27			665.27	

01.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE							UND: M3
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area (m2)	Ancho (m)	ESPJ. % 0.20	Parcial	Total
								<b>1,451.60</b>
	VOLUMEN DE CORTE	1.00	1.00	1,209.67		1.20	1,451.60	

**01.03 PAVIMENTO FLEXIBLE**

01.03.01	BASE GRANULAR E=0.18 M							UND: M2
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area (m2)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total
								<b>6,720.37</b>
	CALLE 4	1.00		1,167.86			1,167.86	
	CALLE 3	1.00		756.00			756.00	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		798.84			798.84	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		777.96			777.96	
	CALLE 1B	1.00		897.66			897.66	
	CALLE 1A	1.00		918.98			918.98	
	PASAJE 1	1.00		150.23			150.23	
	CALLE 8	1.00		587.57			587.57	
	CALLE 7	1.00		665.27			665.27	



01.03.02	BARRIDO DE BASE PARA IMPRIMACION							UND: M2
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area (m2)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total
								6,720.37
	CALLE 4	1.00		1,167.86			1,167.86	
	CALLE 3	1.00		756.00			756.00	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		798.84			798.84	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		777.96			777.96	
	CALLE 1B	1.00		897.66			897.66	
	CALLE 1A	1.00		918.98			918.98	
	PASAJE 1	1.00		150.23			150.23	
	CALLE 8	1.00		587.57			587.57	
	CALLE 7	1.00		665.27			665.27	

01.03.03	IMPRIMACION ASFALTICA MC-30							UND: M2
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area(m2)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total
								6,720.37
	CALLE 4	1.00		1,167.86			1,167.86	
	CALLE 3	1.00		756.00			756.00	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		798.84			798.84	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		777.96			777.96	
	CALLE 1B	1.00		897.66			897.66	
	CALLE 1A	1.00		918.98			918.98	
	PASAJE 1	1.00		150.23			150.23	
	CALLE 8	1.00		587.57			587.57	
	CALLE 7	1.00		665.27			665.27	

01.03.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 3"							UND: M2
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area (m2)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total
								6,720.37
	CALLE 4	1.00		1,167.86			1,167.86	
	CALLE 3	1.00		756.00			756.00	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		798.84			798.84	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		777.96			777.96	
	CALLE 1B	1.00		897.66			897.66	
	CALLE 1A	1.00		918.98			918.98	
	PASAJE 1	1.00		150.23			150.23	
	CALLE 8	1.00		587.57			587.57	
	CALLE 7	1.00		665.27			665.27	



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>Proyecto</b>	"OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"		
<b>Subpresupuesto</b>	PAVIMENTACIÓN		
<b>Lugar</b>	H.U.P. BELLO SUR- ANCASH- SANTA- NUEVO CHIMBOTE	<b>Fecha</b>	Dic-22

<b>Cantera:</b>	San Pedrito
<b>Material:</b>	100% Material de Cantera

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	P. U. S/.	Parcial S/.
<b>01</b>	<b>PAVIMENTACIÓN</b>				<b>504,285.72</b>
<b>01.01</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>20,093.90</b>
01.01.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	6,720.37	2.99	20,093.90
<b>01.02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>57,851.62</b>
01.02.01	CORTE HASTA NIVEL DE SUBRASANTE C/MAQUINARIA	m3	1,209.67	6.90	8,346.70
01.03.01	CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE C/ MOTONIVELADORA	m2	6,720.37	3.23	21,706.79
01.02.02	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	1,451.60	19.15	27,798.13
<b>01.03</b>	<b>PAVIMENTO FLEXIBLE</b>				<b>426,340.20</b>
01.03.01	BASE GRANULAR	m2	6,720.37	12.07	81,114.85
01.03.02	BARRIDO DE BASE PARA IMPRIMACIÓN	m2	6,720.37	0.73	4,905.87
01.03.03	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA MC-30	m2	6,720.37	5.07	34,072.27
01.03.04	CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 3"	m2	6,720.37	45.57	306,247.21
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>504,285.72</b>
	<b>G.G. 10.00%</b>				<b>50,428.57</b>
	<b>UT. 10.00%</b>				<b>50,428.57</b>
	-----				
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>605,142.86</b>
	<b>IMPUESTO (IGV 18%)</b>				<b>108,925.71</b>
	-----				
	<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>				<b>714,068.57</b>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022	<b>RESPONSABLES:</b>	Bach. Chacón Silva Paola Bach. Chávez Melo Zarela
		<b>FECHA:</b>	Dic-22

**ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS**

<b>Cantera:</b>	San Pedrito
<b>Material:</b>	80% Material de Cantera + 20% EHA

Partida	01.01.01	TRAZO Y REPLANTEO C/EQUIPO					
<b>Rendimiento</b>	500 m2/DIA	EQ. 500	Costo unitario directo por : m2			<b>2.99</b>	
<b>Jornada</b>	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	TOPÓGRAFO	hh	1.0000	0.0160	25.23	0.40	
0101010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0160	19.17	0.31	
0101010006	PEÓN	hh	2.0000	0.0320	17.33	0.55	
						<b>1.26</b>	
<b>Materiales</b>							
02041200010009	YESO DE 28 Kg	BOL		0.0300	29.50	0.89	
02070200010001	WINCHA	und		0.0100	25.00	0.25	
0213010008	ESTACA DE MADERA	p2		0.0200	9.00	0.18	
						<b>1.32</b>	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	1.26	0.04	
0301010007	TEODOLITO Y MIRA	hm	1.0000	0.0160	15.00	0.24	
0301340008	NIVEL TOPOGRÁFICO	hm	1.0000	0.0160	8.00	0.13	
						<b>0.41</b>	
Partida	01.02.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO A NIVEL DE SUBRASANTE C/EQUIPO					
<b>Rendimiento</b>	280 m2/DIA	EQ. 280	Costo unitario directo por : m3			<b>6.90</b>	
<b>Jornada</b>	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0286	19.17	0.55	
0101010006	PEÓN	hh	2.0000	0.0571	17.33	0.99	
						<b>1.54</b>	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	1.54	0.05	
0301010007	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3YD3	hm	1.0000	0.0286	186.00	5.31	
						<b>5.36</b>	
Partida	01.02.02	CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE					
<b>Rendimiento</b>	1800 m2/DIA	EQ. 1800	Costo unitario directo por : m2			<b>3.23</b>	
<b>Jornada</b>	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0044	19.17	0.09	
0101010006	PEÓN	hh	3.0000	0.0133	17.33	0.23	
						<b>0.32</b>	
<b>Materiales</b>							
0213010008	AGUA	m3		0.1000	12.00	1.20	
						<b>1.20</b>	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.31	0.01	
0301010007	RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T	hm	1.0000	0.0044	180.00	0.80	
0301340008	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0044	203.00	0.90	
						<b>1.71</b>	

Partida	01.02.03		ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON VOLQUETE				
Rendimiento	360 m2/DIA	EQ. 360	Costo unitario directo por : m3				19.15
Jornada	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010006	PEÓN	hh	2.0000	0.0444	17.33	0.77	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.77	0.02	
0301010007	CAMIÓN VOLQUETE 15 M3	hm	4.0000	0.0889	160.00	14.22	
0301010007	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3	hm	1.0000	0.0222	186.00	4.13	
<b>18.38</b>							
Partida	01.03.01		BASE GRANULAR				
Rendimiento	1000 m2/DIA	EQ. 1000	Costo unitario directo por : m2				11.50
Jornada	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0080	19.17	0.15	
0101010006	PEÓN	hh	4.0000	0.0320	17.33	0.55	
<b>0.71</b>							
<b>Materiales</b>							
02070200010001	AFIRMADO	m3		0.1536	30.00	4.61	
0213010008	AGUA	m3		0.1500	12.00	1.80	
0213010009	EHAE	m3		0.0384	33.91	1.30	
<b>7.71</b>							
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.70	0.02	
0301010007	RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T	hm	1.0000	0.0080	180.00	1.44	
0301340008	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0080	203.00	1.62	
<b>3.09</b>							
Partida	01.03.02		BARRIDO PARA IMPRIMACIÓN				
Rendimiento	1300 m2/DIA	EQ. 1300	Costo unitario directo por : m2				0.73
Jornada	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0062	19.17	0.12	
0101010006	PEÓN	hh	1.0000	0.0062	17.33	0.11	
<b>0.22</b>							
<b>Materiales</b>							
0213010010	ESCOBA	m3		0.0010	8.00	0.01	
<b>0.01</b>							
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.23	0.01	
0301010007	BARREDORA MECÁNICA	hm	1.0000	0.0062	80.00	0.49	
<b>0.50</b>							
Partida	01.03.03		IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA CON MC-30				
Rendimiento	3000 m2/DIA	EQ. 3000	Costo unitario directo por : m2				5.07
Jornada	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010004	OPERARIO	hh	1.0000	0.0027	24.29	0.06	
0101010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0027	19.17	0.05	
0101010006	PEÓN	hh	2.0000	0.0053	17.33	0.09	
<b>0.21</b>							
<b>Materiales</b>							
02070200010001	ARENA GRUESA	m3		0.0070	18.64	0.13	
0213010008	LÍQUIDO ASFÁLTICO MC-30	gln		0.3200	12.50	4.00	
<b>4.13</b>							
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.21	0.01	
0301010007	COMPRESORA NEUMÁTICA 76 HP 125-175 PCM	hm	1.0000	0.0027	140.00	0.37	
0301340008	CAMIÓN IMPRIMADOR	hm	1.0000	0.0027	130.00	0.35	
<b>0.73</b>							





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022	<b>RESPONSABLES:</b>	Bach. Chacón Silva Paola Bach. Chávez Melo Zarela
		<b>FECHA:</b>	Dic-22

**SUSTENTO DE METRADOS - PAVIMENTO FLEXIBLE**

<b>Cantera:</b>	San Pedrito
<b>Material:</b>	80% Material de Cantera + 20% EHA

**01 PAVIMENTACIÓN**

**01.01 OBRAS PRELIMINARES**

01.01.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR							UND: M2
	DESCRIPCION	Nº veces	Nº Elem.	Area/Long. (m2/m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total
								6,720.37
	CALLE 4	1.00		124.24	9.40		1,167.86	
	CALLE 3	1.00		126.00	6.00		756.00	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		133.14	6.00		798.84	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		129.66	6.00		777.96	
	CALLE 1B	1.00		149.61	6.00		897.66	
	CALLE 1A	1.00		155.76	5.90		918.98	
	PASAJE 1	1.00		41.73	3.60		150.23	
	CALLE 8	1.00		108.81	5.40		587.57	
	CALLE 7	1.00		109.78	6.06		665.27	

**01.02 MOVIMIENTO DE TIERRAS**

01.02.01	CORTE HASTA NIVEL DE SUBRASANTE C/ MAQUINARIA						UND: M3	
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area (m2)	Ancho (m)	Alto de corte (m)	Parcial	Total
								1,075.26
	CALLE 4	1.00		1,167.86		0.16	186.86	
	CALLE 3	1.00		756.00		0.16	120.96	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		798.84		0.16	127.81	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		777.96		0.16	124.47	
	CALLE 1B	1.00		897.66		0.16	143.63	
	CALLE 1A	1.00		918.98		0.16	147.04	
	PASAJE 1	1.00		150.23		0.16	24.04	
	CALLE 8	1.00		587.57		0.16	94.01	
	CALLE 7	1.00		665.27		0.16	106.44	

01.02.02	CONFORMACION DE SUB RASANTE C/ MOTONIVELADORA						UND: M2	
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area (m2)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total
								6,720.37
	CALLE 4	1.00		1,167.86			1,167.86	
	CALLE 3	1.00		756.00			756.00	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		798.84			798.84	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		777.96			777.96	
	CALLE 1B	1.00		897.66			897.66	
	CALLE 1A	1.00		918.98			918.98	
	PASAJE 1	1.00		150.23			150.23	
	CALLE 8	1.00		587.57			587.57	
	CALLE 7	1.00		665.27			665.27	

01.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE						UND: M3	
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area (m2)	Ancho (m)	ESPJ. % 0.20	Parcial	Total
								1,290.31
	VOLUMEN DE CORTE	1.00	1.00	1,075.26		1.20	1,290.31	

**01.03 PAVIMENTO FLEXIBLE**

01.03.01	BASE GRANULAR E=0.16 M							UND: M2
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area (m2)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total
								6,720.37
	CALLE 4	1.00		1,167.86			1,167.86	
	CALLE 3	1.00		756.00			756.00	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		798.84			798.84	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		777.96			777.96	
	CALLE 1B	1.00		897.66			897.66	
	CALLE 1A	1.00		918.98			918.98	
	PASAJE 1	1.00		150.23			150.23	
	CALLE 8	1.00		587.57			587.57	
	CALLE 7	1.00		665.27			665.27	

01.03.02	BARRIDO DE BASE PARA IMPRIMACION							UND: M2
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area (m2)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total
								6,720.37
	CALLE 4	1.00		1,167.86			1,167.86	
	CALLE 3	1.00		756.00			756.00	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		798.84			798.84	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		777.96			777.96	
	CALLE 1B	1.00		897.66			897.66	
	CALLE 1A	1.00		918.98			918.98	
	PASAJE 1	1.00		150.23			150.23	
	CALLE 8	1.00		587.57			587.57	
	CALLE 7	1.00		665.27			665.27	

01.03.03	IMPRIMACION ASFALTICA MC-30							UND: M2
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area(m2)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total
								6,720.37
	CALLE 4	1.00		1,167.86			1,167.86	
	CALLE 3	1.00		756.00			756.00	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		798.84			798.84	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		777.96			777.96	
	CALLE 1B	1.00		897.66			897.66	
	CALLE 1A	1.00		918.98			918.98	
	PASAJE 1	1.00		150.23			150.23	
	CALLE 8	1.00		587.57			587.57	
	CALLE 7	1.00		665.27			665.27	

01.03.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 3"							UND: M2
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area (m2)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total
								6,720.37
	CALLE 4	1.00		1,167.86			1,167.86	
	CALLE 3	1.00		756.00			756.00	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		798.84			798.84	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		777.96			777.96	
	CALLE 1B	1.00		897.66			897.66	
	CALLE 1A	1.00		918.98			918.98	
	PASAJE 1	1.00		150.23			150.23	
	CALLE 8	1.00		587.57			587.57	
	CALLE 7	1.00		665.27			665.27	





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>Proyecto</b>	<b>"OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"</b>		
<b>Subpresupuesto</b>	<b>PAVIMENTACIÓN</b>		
<b>Lugar</b>	<b>H.U.P. BELLO SUR- ANCASH- SANTA- NUEVO CHIMBOTE</b>	<b>Fecha</b>	<b>Dic-22</b>

<b>Cantera:</b>	San Pedrito
<b>Material:</b>	80% Material de Cantera + 20% EHAE

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	P. U. S/.	Parcial S/.
<b>01</b>	<b>PAVIMENTACIÓN</b>				<b>499,527.70</b>
<b>01.01</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>20,093.90</b>
01.01.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	6,720.37	2.99	20,093.90
<b>01.02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>56,924.21</b>
01.02.01	CORTE HASTA NIVEL DE SUBRASANTE C/MAQUINARIA	m3	1,075.26	6.90	7,419.29
01.03.01	CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE C/ MOTONIVELADORA	m2	6,720.37	3.23	21,706.79
01.02.02	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	1,451.60	19.15	27,798.13
<b>01.03</b>	<b>PAVIMENTO FLEXIBLE</b>				<b>422,509.59</b>
01.03.01	BASE GRANULAR	m2	6,720.37	11.50	77,284.24
01.03.02	BARRIDO DE BASE PARA IMPRIMACIÓN	m2	6,720.37	0.73	4,905.87
01.03.03	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA MC-30	m2	6,720.37	5.07	34,072.27
01.03.04	CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 3"	m2	6,720.37	45.57	306,247.21
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>499,527.70</b>
	<b>G.G. 10.00%</b>				<b>49,952.77</b>
	<b>UT. 10.00%</b>				<b>49,952.77</b>
	-----				
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>599,433.24</b>
	<b>IMPUESTO (IGV 18%)</b>				<b>107,897.98</b>
	-----				
	<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>				<b>707,331.22</b>



**ACU y Presupuesto**  
**Cantera Cambio Puente**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022	<b>RESPONSABLES:</b>	Bach. Chacón Silva Paola Bach. Chávez Melo Zarela
		<b>FECHA:</b>	Dic-22

**ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS**

<b>Cantera:</b>	Cambio Puente
<b>Material:</b>	100% Material de Cantera

Partida	01.01.01	TRAZO Y REPLANTEO C/EQUIPO					
<b>Rendimiento</b>	500 m2/DIA	EQ. 500	Costo unitario directo por : m2				<b>2.99</b>
<b>Jornada</b>	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	TOPÓGRAFO	hh	1.0000	0.0160	25.23	0.40	
0101010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0160	19.17	0.31	
0101010006	PEÓN	hh	2.0000	0.0320	17.33	0.55	
						<b>1.26</b>	
<b>Materiales</b>							
02041200010009	YESO DE 28 Kg	BOL		0.0300	29.50	0.89	
02070200010001	WINCHA	und		0.0100	25.00	0.25	
0213010008	ESTACA DE MADERA	p2		0.0200	9.00	0.18	
						<b>1.32</b>	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	1.26	0.04	
0301010007	TEODOLITO Y MIRA	hm	1.0000	0.0160	15.00	0.24	
0301340008	NIVEL TOPOGRÁFICO	hm	1.0000	0.0160	8.00	0.13	
						<b>0.41</b>	

Partida	01.02.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO A NIVEL DE SUBRASANTE C/EQUIPO					
<b>Rendimiento</b>	280 m2/DIA	EQ. 280	Costo unitario directo por : m3				<b>6.90</b>
<b>Jornada</b>	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0286	19.17	0.55	
0101010006	PEÓN	hh	2.0000	0.0571	17.33	0.99	
						<b>1.54</b>	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	1.54	0.05	
0301010007	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3YD3	hm	1.0000	0.0286	186.00	5.31	
						<b>5.36</b>	

Partida	01.02.02	CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE					
<b>Rendimiento</b>	1800 m2/DIA	EQ. 1800	Costo unitario directo por : m2				<b>3.23</b>
<b>Jornada</b>	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0044	19.17	0.09	
0101010006	PEÓN	hh	3.0000	0.0133	17.33	0.23	
						<b>0.32</b>	
<b>Materiales</b>							
0213010008	AGUA	m3		0.1000	12.00	1.20	
						<b>1.20</b>	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.31	0.01	
0301010007	RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T	hm	1.0000	0.0044	180.00	0.80	
0301340008	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0044	203.00	0.90	
						<b>1.71</b>	

Partida	01.02.03		ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON VOLQUETE				
Rendimiento	360 m2/DIA	EQ. 360	Costo unitario directo por : m3				19.15
Jornada	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010006	PEÓN	hh	2.0000	0.0444	17.33	0.77	
						<b>0.77</b>	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.77	0.02	
0301010007	CAMIÓN VOLQUETE 15 M3	hm	4.0000	0.0889	160.00	14.22	
0301010007	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3	hm	1.0000	0.0222	186.00	4.13	
						<b>18.38</b>	
Partida	01.03.01		BASE GRANULAR				
Rendimiento	1000 m2/DIA	EQ. 1000	Costo unitario directo por : m2				13.15
Jornada	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0080	19.17	0.15	
0101010006	PEÓN	hh	4.0000	0.0320	17.33	0.55	
						<b>0.71</b>	
<b>Materiales</b>							
02070200010001	AFIRMADO	m3		0.2520	30.00	7.56	
0213010008	AGUA	m3		0.1500	12.00	1.80	
						<b>9.36</b>	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.70	0.02	
0301010007	RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T	hm	1.0000	0.0080	180.00	1.44	
0301340008	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0080	203.00	1.62	
						<b>3.09</b>	
Partida	01.03.02		BARRIDO PARA IMPRIMACIÓN				
Rendimiento	1300 m2/DIA	EQ. 1300	Costo unitario directo por : m2				0.73
Jornada	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0062	19.17	0.12	
0101010006	PEÓN	hh	1.0000	0.0062	17.33	0.11	
						<b>0.22</b>	
<b>Materiales</b>							
02070200010001	ESCOBA	m3		0.0010	8.00	0.01	
						<b>0.01</b>	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.23	0.01	
0301010007	BARREDORA MECÁNICA	hm	1.0000	0.0062	80.00	0.49	
						<b>0.50</b>	
Partida	01.03.03		IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA CON MC-30				
Rendimiento	3000 m2/DIA	EQ. 3000	Costo unitario directo por : m2				5.07
Jornada	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010004	OPERARIO	hh	1.0000	0.0027	24.29	0.06	
0101010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0027	19.17	0.05	
0101010006	PEÓN	hh	2.0000	0.0053	17.33	0.09	
						<b>0.21</b>	
<b>Materiales</b>							
02070200010001	ARENA GRUESA	m3		0.0070	18.64	0.13	
0213010008	LÍQUIDO ASFÁLTICO MC-30	gln		0.3200	12.50	4.00	
						<b>4.13</b>	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.21	0.01	
0301010007	COMPRESORA NEUMÁTICA 76 HP 125-175 PCM	hm	1.0000	0.0027	140.00	0.37	
0301340008	CAMIÓN IMPRIMADOR	hm	1.0000	0.0027	130.00	0.35	
						<b>0.73</b>	





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022	<b>RESPONSABLES:</b>	Bach. Chacón Silva Paola Bach. Chávez Melo Zarela
		<b>FECHA:</b>	Dic-22

**SUSTENTO DE METRADOS - PAVIMENTO FLEXIBLE**

**Cantera:** Cambio Puente  
**Material:** 100% Material de Cantera

**01 PAVIMENTACIÓN**

**01.01 OBRAS PRELIMINARES**

01.01.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR							UND: M2	
	DESCRIPCION	Nº veces	Nº Elem.	Area/Long. (m2/m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total	
								<b>6,720.37</b>	
	CALLE 4	1.00		124.24	9.40		1,167.86		
	CALLE 3	1.00		126.00	6.00		756.00		
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		133.14	6.00		798.84		
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		129.66	6.00		777.96		
	CALLE 1B	1.00		149.61	6.00		897.66		
	CALLE 1A	1.00		155.76	5.90		918.98		
	PASAJE 1	1.00		41.73	3.60		150.23		
	CALLE 8	1.00		108.81	5.40		587.57		
	CALLE 7	1.00		109.78	6.06		665.27		

**01.02 MOVIMIENTO DE TIERRAS**

01.02.01	CORTE HASTA NIVEL DE SUBRASANTE C/ MAQUINARIA						UND: M3	
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area (m2)	Ancho (m)	Alto de corte (m)	Parcial	Total
								<b>1,411.28</b>
	CALLE 4	1.00		1,167.86		0.21	245.25	
	CALLE 3	1.00		756.00		0.21	158.76	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		798.84		0.21	167.76	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		777.96		0.21	163.37	
	CALLE 1B	1.00		897.66		0.21	188.51	
	CALLE 1A	1.00		918.98		0.21	192.99	
	PASAJE 1	1.00		150.23		0.21	31.55	
	CALLE 8	1.00		587.57		0.21	123.39	
	CALLE 7	1.00		665.27		0.21	139.71	

01.02.02	CONFORMACION DE SUB RASANTE C/ MOTONIVELADORA						UND: M2	
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area (m2)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total
								<b>6,720.37</b>
	CALLE 4	1.00		1,167.86			1,167.86	
	CALLE 3	1.00		756.00			756.00	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		798.84			798.84	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		777.96			777.96	
	CALLE 1B	1.00		897.66			897.66	
	CALLE 1A	1.00		918.98			918.98	
	PASAJE 1	1.00		150.23			150.23	
	CALLE 8	1.00		587.57			587.57	
	CALLE 7	1.00		665.27			665.27	

01.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE						UND: M3	
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area (m2)	Ancho (m)	ESPJ. % 0.20	Parcial	Total
								<b>1,693.53</b>
	VOLUMEN DE CORTE	1.00	1.00	1,411.28		1.20	1,693.53	

**01.03 PAVIMENTO FLEXIBLE**

01.03.01	BASE GRANULAR E=0.21 M						UND: M2	
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area (m2)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total
								<b>6,720.37</b>
	CALLE 4	1.00		1,167.86			1,167.86	
	CALLE 3	1.00		756.00			756.00	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		798.84			798.84	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		777.96			777.96	
	CALLE 1B	1.00		897.66			897.66	
	CALLE 1A	1.00		918.98			918.98	
	PASAJE 1	1.00		150.23			150.23	
	CALLE 8	1.00		587.57			587.57	
	CALLE 7	1.00		665.27			665.27	

01.03.02	BARRIDO DE BASE PARA IMPRIMACION							UND: M2
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area (m2)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total
								6,720.37
	CALLE 4	1.00		1,167.86			1,167.86	
	CALLE 3	1.00		756.00			756.00	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		798.84			798.84	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		777.96			777.96	
	CALLE 1B	1.00		897.66			897.66	
	CALLE 1A	1.00		918.98			918.98	
	PASAJE 1	1.00		150.23			150.23	
	CALLE 8	1.00		587.57			587.57	
	CALLE 7	1.00		665.27			665.27	

01.03.03	IMPRIMACION ASFALTICA MC-30							UND: M2
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area(m2)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total
								6,720.37
	CALLE 4	1.00		1,167.86			1,167.86	
	CALLE 3	1.00		756.00			756.00	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		798.84			798.84	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		777.96			777.96	
	CALLE 1B	1.00		897.66			897.66	
	CALLE 1A	1.00		918.98			918.98	
	PASAJE 1	1.00		150.23			150.23	
	CALLE 8	1.00		587.57			587.57	
	CALLE 7	1.00		665.27			665.27	

01.03.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 3"							UND: M2
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area (m2)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total
								6,720.37
	CALLE 4	1.00		1,167.86			1,167.86	
	CALLE 3	1.00		756.00			756.00	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		798.84			798.84	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		777.96			777.96	
	CALLE 1B	1.00		897.66			897.66	
	CALLE 1A	1.00		918.98			918.98	
	PASAJE 1	1.00		150.23			150.23	
	CALLE 8	1.00		587.57			587.57	
	CALLE 7	1.00		665.27			665.27	





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>Proyecto</b>	<b>"OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"</b>		
<b>Subpresupuesto</b>	<b>PAVIMENTACIÓN</b>		
<b>Lugar</b>	<b>H.U.P. BELLO SUR- ANCASH- SANTA- NUEVO CHIMBOTE</b>	<b>Fecha</b>	<b>Dic-22</b>

<b>Cantera:</b>	Cambio Puente
<b>Material:</b>	100% Material de Cantera

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	P. U. S/.	Parcial S/.
<b>01</b>	<b>PAVIMENTACIÓN</b>				<b>512,934.83</b>
<b>01.01</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>20,093.90</b>
01.01.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	6,720.37	2.99	20,093.90
<b>01.02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>59,242.73</b>
01.02.01	CORTE HASTA NIVEL DE SUBRASANTE C/MAQUINARIA	m3	1,411.28	6.90	9,737.81
01.03.01	CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE C/ MOTONIVELADORA	m2	6,720.37	3.23	21,706.79
01.02.02	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	1,451.60	19.15	27,798.13
<b>01.03</b>	<b>PAVIMENTO FLEXIBLE</b>				<b>433,598.20</b>
01.03.01	BASE GRANULAR	m2	6,720.37	13.15	88,372.85
01.03.02	BARRIDO DE BASE PARA IMPRIMACIÓN	m2	6,720.37	0.73	4,905.87
01.03.03	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA MC-30	m2	6,720.37	5.07	34,072.27
01.03.04	CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 3"	m2	6,720.37	45.57	306,247.21
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>512,934.83</b>
	<b>G.G. 10.00%</b>				<b>51,293.48</b>
	<b>UT. 10.00%</b>				<b>51,293.48</b>
	-----				
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>615,521.79</b>
	<b>IMPUESTO (IGV 18%)</b>				<b>110,793.92</b>
	-----				
	<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>				<b>726,315.71</b>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>TESIS:</b>	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022	<b>RESPONSABLES:</b>	Bach. Chacón Silva Paola Bach. Chávez Melo Zarela
		<b>FECHA:</b>	Dic-22

**ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS**

<b>Cantera:</b>	Cambio Puente
<b>Material:</b>	75% Material de Cantera + 25% EHA

Partida	01.01.01	TRAZO Y REPLANTEO C/EQUIPO					
<b>Rendimiento</b>	500 m2/DIA	EQ. 500	Costo unitario directo por : m2				<b>2.99</b>
<b>Jornada</b>	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	TOPÓGRAFO	hh	1.0000	0.0160	25.23	0.40	
0101010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0160	19.17	0.31	
0101010006	PEÓN	hh	2.0000	0.0320	17.33	0.55	
						<b>1.26</b>	
<b>Materiales</b>							
02041200010009	YESO DE 28 Kg	BOL		0.0300	29.50	0.89	
02070200010001	WINCHA	und		0.0100	25.00	0.25	
0213010008	ESTACA DE MADERA	p2		0.0200	9.00	0.18	
						<b>1.32</b>	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	1.26	0.04	
0301010007	TEODOLITO Y MIRA	hm	1.0000	0.0160	15.00	0.24	
0301340008	NIVEL TOPOGRÁFICO	hm	1.0000	0.0160	8.00	0.13	
						<b>0.41</b>	

Partida	01.02.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO A NIVEL DE SUBRASANTE C/EQUIPO					
<b>Rendimiento</b>	280 m2/DIA	EQ. 280	Costo unitario directo por : m3				<b>6.90</b>
<b>Jornada</b>	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0286	19.17	0.55	
0101010006	PEÓN	hh	2.0000	0.0571	17.33	0.99	
						<b>1.54</b>	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	1.54	0.05	
0301010007	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3YD3	hm	1.0000	0.0286	186.00	5.31	
						<b>5.36</b>	

Partida	01.02.02	CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE					
<b>Rendimiento</b>	1800 m2/DIA	EQ. 1800	Costo unitario directo por : m2				<b>3.23</b>
<b>Jornada</b>	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0044	19.17	0.09	
0101010006	PEÓN	hh	3.0000	0.0133	17.33	0.23	
						<b>0.32</b>	
<b>Materiales</b>							
0213010008	AGUA	m3		0.1000	12.00	1.20	
						<b>1.20</b>	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.31	0.01	
0301010007	RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T	hm	1.0000	0.0044	180.00	0.80	
0301340008	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0044	203.00	0.90	
						<b>1.71</b>	

Partida	01.02.03		ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON VOLQUETE				
Rendimiento	360 m2/DIA	EQ. 360	Costo unitario directo por : m3				19.15
Jornada	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010006	PEÓN	hh	2.0000	0.0444	17.33	0.77	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.77	0.02	
0301010007	CAMIÓN VOLQUETE 15 M3	hm	4.0000	0.0889	160.00	14.22	
0301340008	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3	hm	1.0000	0.0222	186.00	4.13	
<b>18.38</b>							
Partida	01.03.01		BASE GRANULAR				
Rendimiento	1000 m2/DIA	EQ. 1000	Costo unitario directo por : m2				12.61
Jornada	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0080	19.17	0.15	
0101010006	PEÓN	hh	4.0000	0.0320	17.33	0.55	
<b>0.71</b>							
<b>Materiales</b>							
02070200010001	AFIRMADO	m3		0.1824	30.00	5.47	
0213010008	AGUA	m3		0.1500	12.00	1.80	
0213010009	EHAE	m3		0.0456	33.91	1.55	
<b>8.82</b>							
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.70	0.02	
0301010007	RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135HP 10-12T	hm	1.0000	0.0080	180.00	1.44	
0301340008	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0080	203.00	1.62	
<b>3.09</b>							
Partida	01.03.02		BARRIDO PARA IMPRIMACIÓN				
Rendimiento	1300 m2/DIA	EQ. 1300	Costo unitario directo por : m2				0.73
Jornada	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0062	19.17	0.12	
0101010006	PEÓN	hh	1.0000	0.0062	17.33	0.11	
<b>0.22</b>							
<b>Materiales</b>							
02070200010001	ESCOBA	m3		0.0010	8.00	0.01	
<b>0.01</b>							
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.23	0.01	
0301010007	BARREDORA MECÁNICA	hm	1.0000	0.0062	80.00	0.49	
<b>0.50</b>							
Partida	01.03.03		IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA CON MC-30				
Rendimiento	3000 m2/DIA	EQ. 3000	Costo unitario directo por : m2				5.07
Jornada	8 h						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010004	OPERARIO	hh	1.0000	0.0027	24.29	0.06	
0101010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0027	19.17	0.05	
0101010006	PEÓN	hh	2.0000	0.0053	17.33	0.09	
<b>0.21</b>							
<b>Materiales</b>							
02070200010001	ARENA GRUESA	m3		0.0070	18.64	0.13	
0213010008	LÍQUIDO ASFÁLTICO MC-30	gln		0.3200	12.50	4.00	
<b>4.13</b>							
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.21	0.01	
0301010007	COMPRESORA NEUMÁTICA 76 HP 125-175 PCM	hm	1.0000	0.0027	140.00	0.37	
0301340008	CAMIÓN IMPRIMADOR	hm	1.0000	0.0027	130.00	0.35	
<b>0.73</b>							





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:** OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022 **RESPONSABLES:** Bach. Chacón Silva Paola  
Bach. Chávez Melo Zarela  
**FECHA:** Dic-22

**SUSTENTO DE METRADOS - PAVIMENTO FLEXIBLE**

**Cantera:** Cambio Puente  
**Material:** 75% Material de Cantera + 25% EHA

**01 PAVIMENTACIÓN**

**01.01 OBRAS PRELIMINARES**

01.01.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR							UND: M2
	DESCRIPCION	Nº veces	Nº Elem.	Area/Long. (m2/m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total
								<b>6,720.37</b>
	CALLE 4	1.00		124.24	9.40		1,167.86	
	CALLE 3	1.00		126.00	6.00		756.00	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		133.14	6.00		798.84	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		129.66	6.00		777.96	
	CALLE 1B	1.00		149.61	6.00		897.66	
	CALLE 1A	1.00		155.76	5.90		918.98	
	PASAJE 1	1.00		41.73	3.60		150.23	
	CALLE 8	1.00		108.81	5.40		587.57	
	CALLE 7	1.00		109.78	6.06		665.27	

**01.02 MOVIMIENTO DE TIERRAS**

01.02.01	CORTE HASTA NIVEL DE SUBRASANTE C/ MAQUINARIA							UND: M3
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area (m2)	Ancho (m)	Altura de corte (m)	Parcial	Total
								<b>1,276.87</b>
	CALLE 4	1.00		1,167.86		0.19	221.89	
	CALLE 3	1.00		756.00		0.19	143.64	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		798.84		0.19	151.78	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		777.96		0.19	147.81	
	CALLE 1B	1.00		897.66		0.19	170.56	
	CALLE 1A	1.00		918.98		0.19	174.61	
	PASAJE 1	1.00		150.23		0.19	28.54	
	CALLE 8	1.00		587.57		0.19	111.64	
	CALLE 7	1.00		665.27		0.19	126.40	

01.02.02	CONFORMACION DE SUB RASANTE C/ MOTONIVELADORA							UND: M2
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area (m2)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total
								<b>6,720.37</b>
	CALLE 4	1.00		1,167.86			1,167.86	
	CALLE 3	1.00		756.00			756.00	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		798.84			798.84	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		777.96			777.96	
	CALLE 1B	1.00		897.66			897.66	
	CALLE 1A	1.00		918.98			918.98	
	PASAJE 1	1.00		150.23			150.23	
	CALLE 8	1.00		587.57			587.57	
	CALLE 7	1.00		665.27			665.27	

01.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE							UND: M3
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area (m2)	Ancho (m)	ESPJ. % 1.20	Parcial	Total
								<b>1,532.24</b>
	VOLUMEN DE CORTE	1.00	1.00	1,276.87		1.20	1,532.24	

**01.03 PAVIMENTO FLEXIBLE**

01.03.01	BASE GRANULAR E=0.19 M							UND: M2
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area (m2)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total
								<b>6,720.37</b>
	CALLE 4	1.00		1,167.86			1,167.86	
	CALLE 3	1.00		756.00			756.00	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		798.84			798.84	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		777.96			777.96	
	CALLE 1B	1.00		897.66			897.66	
	CALLE 1A	1.00		918.98			918.98	
	PASAJE 1	1.00		150.23			150.23	
	CALLE 8	1.00		587.57			587.57	
	CALLE 7	1.00		665.27			665.27	

01.03.02	BARRIDO DE BASE PARA IMPRIMACION							UND: M2
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area (m2)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total
								6,720.37
	CALLE 4	1.00		1,167.86			1,167.86	
	CALLE 3	1.00		756.00			756.00	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		798.84			798.84	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		777.96			777.96	
	CALLE 1B	1.00		897.66			897.66	
	CALLE 1A	1.00		918.98			918.98	
	PASAJE 1	1.00		150.23			150.23	
	CALLE 8	1.00		587.57			587.57	
	CALLE 7	1.00		665.27			665.27	

01.03.03	IMPRIMACION ASFALTICA MC-30							UND: M2
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area(m2)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total
								6,720.37
	CALLE 4	1.00		1,167.86			1,167.86	
	CALLE 3	1.00		756.00			756.00	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		798.84			798.84	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		777.96			777.96	
	CALLE 1B	1.00		897.66			897.66	
	CALLE 1A	1.00		918.98			918.98	
	PASAJE 1	1.00		150.23			150.23	
	CALLE 8	1.00		587.57			587.57	
	CALLE 7	1.00		665.27			665.27	

01.03.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 3º							UND: M2
	DESCRIPCION	Nº veces	Cant.	Area (m2)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total
								6,720.37
	CALLE 4	1.00		1,167.86			1,167.86	
	CALLE 3	1.00		756.00			756.00	
	CALLE 2 - SECCION I	1.00		798.84			798.84	
	CALLE 2 - SECCION II	1.00		777.96			777.96	
	CALLE 1B	1.00		897.66			897.66	
	CALLE 1A	1.00		918.98			918.98	
	PASAJE 1	1.00		150.23			150.23	
	CALLE 8	1.00		587.57			587.57	
	CALLE 7	1.00		665.27			665.27	



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**E.P. INGENIERÍA CIVIL**

<b>Proyecto</b>	<b>"OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"</b>		
<b>Subpresupuesto</b>	<b>PAVIMENTACIÓN</b>		
<b>Lugar</b>	<b>H.U.P. BELLO SUR- ANCASH- SANTA- NUEVO CHIMBOTE</b>	<b>Fecha</b>	<b>Dic-22</b>

<b>Cantera:</b>	Cambio Puente
<b>Material:</b>	75% Material de Cantera + 25% EHA

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	P. U. S/.	Parcial S/.
<b>01</b>	<b>PAVIMENTACIÓN</b>				<b>508,378.42</b>
<b>01.01</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>20,093.90</b>
01.01.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	6,720.37	2.99	20,093.90
<b>01.02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>58,315.32</b>
01.02.01	CORTE HASTA NIVEL DE SUBRASANTE C/MAQUINARIA	m3	1,276.87	6.90	8,810.40
01.03.01	CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE C/ MOTONIVELADORA	m2	6,720.37	3.23	21,706.79
01.02.02	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	1,451.60	19.15	27,798.13
<b>01.03</b>	<b>PAVIMENTO FLEXIBLE</b>				<b>429,969.20</b>
01.03.01	BASE GRANULAR	m2	6,720.37	12.61	84,743.85
01.03.02	BARRIDO DE BASE PARA IMPRIMACIÓN	m2	6,720.37	0.73	4,905.87
01.03.03	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA MC-30	m2	6,720.37	5.07	34,072.27
01.03.04	CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 3"	m2	6,720.37	45.57	306,247.21
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>508,378.42</b>
	<b>G.G. 10.00%</b>				<b>50,837.84</b>
	<b>UT. 10.00%</b>				<b>50,837.84</b>
	-----				
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>610,054.10</b>
	<b>IMPUESTO (IGV 18%)</b>				<b>109,809.74</b>
	-----				
	<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>				<b>719,863.84</b>





**ANEXO 4. Panel  
Fotográfico**

**PANEL FOTOGRÁFICO**



**Fotografía N° 01.-** Extracción de muestra – Cantera San Pedrito.



**Fotografía N° 02.-** Extracción de muestra – Cantera Cambio Puente.





**Fotografía N° 03.-** Cuarteo del material granular traído de cantera.



**Fotografía N° 04.-** Secado de la muestra en el horno por 24 horas a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.



Fotografía N° 05.- Lavado de la muestra para granulometría.



Fotografía N° 06.- Secado de la muestra, luego del lavado, a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.





**Fotografía N° 07.-** Tamizado y pesaje de la muestra para la determinación de su granulometría.



**Fotografía N° 08.-** Cuarteo de la muestra de EHA proveniente de SiderPerú.

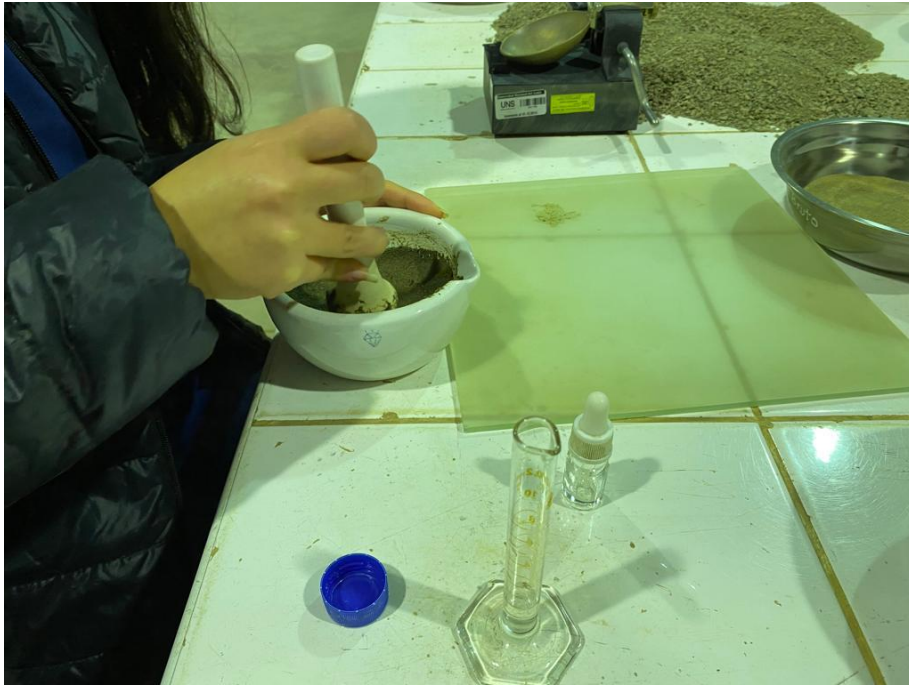


**Fotografía N° 09.-** Pesado y tamizado de la muestra de EHAE para la determinación de su granulometría.



**Fotografía N° 10.-** Determinación del límite líquido del material de las canteras.



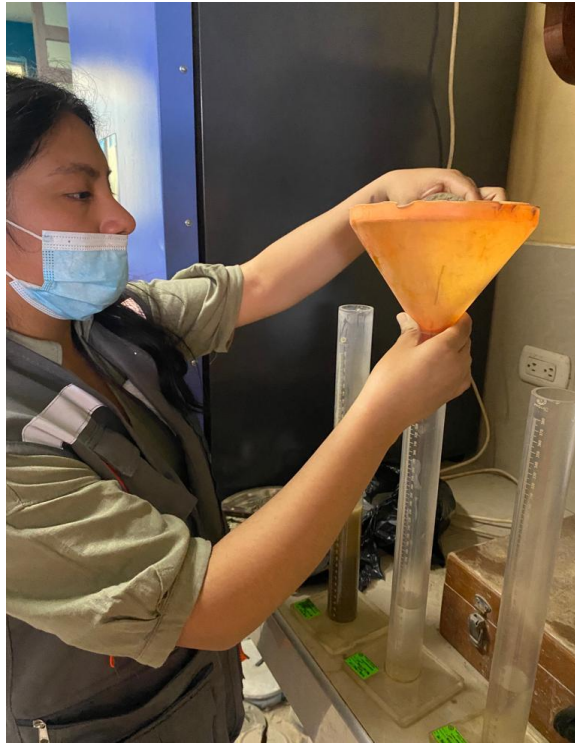


**Fotografía N° 11.-** Determinación del límite plástico del material de las canteras.



**Fotografía N° 12.-** Colocación de la muestra pasante del tamiz N°4 de material de cantera, para el Ensayo Equivalente de Arena.





**Fotografía N° 13.-** Colocación de la muestra en la probeta con la solución lista y con ayuda de un embudo se vacía la muestra.



**Fotografía N° 14.-** Agitación de la probeta de 90 ciclos durante 30 segundos.



**Fotografía N° 15.-** Llenado de la probeta con la solución y toma de lectura luego de 20 minutos de hacer presión con el pistón para que los finos queden en la superficie.



**Fotografía N° 16.-** Muestra pasante del tamiz N°4 - Material de Cantera+ EHAE.





**Fotografía N° 17.-** Lectura del ensayo equivalente de arena de la combinación material de cantera + EHAE.



**Fotografía N° 18.-** Tamizado de la muestra del material de cantera para la realización del Proctor Modificado.

**“OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022”**



**Fotografía N° 19.-** Preparación y compactación de la muestra, empleando el Método C-Proctor Modificado.



**Fotografía N° 20.-** Obtención de una porción representativa de material para determinar el contenido de humedad.





**Fotografía N° 21.-** Preparación de las muestras para el ensayo de CBR, añadiendo el óptimo contenido de humedad, determinado en el ensayo de Proctor Modificado.



**Fotografía N° 22.-** CBR - Colocación de las sobrecargas en la superficie de la muestra compactada.



**Fotografía N° 23.-** Colocación del trípode con el dial para la realización de la lectura de la expansión del suelo luego de un periodo de 4 días sumergido en agua.



**Fotografía N° 24.-** Retiro de los moldes del agua transcurrido los 4 días - CBR



**Fotografía N° 25.-** Colocación de la muestra en la Máquina CBR para su posterior lectura.



**Fotografía N° 26.-** Muestra patrón de cantera luego de la penetración en la Máquina CBR.



**“OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022”**



**Fotografía N° 27.-** Moldeo del Material Granular + EHAe para ensayo CBR.



**Fotografía N° 28.-** Colocación de la muestra en la Máquina CBR para su posterior lectura.



**Fotografía N° 29.-** Muestras ensayadas, en máquina CBR, de la combinación Material Granular + EHAE.



**Fotografía N° 30.-** Muestra del material granular la cantera para el ensayo de Abrasión Los Ángeles.





**Fotografía N° 31.-** Lavado y secado de la muestra, por fracciones separadas, del material granular de cantera.



**Fotografía N° 32.-** Colocación de la muestra seca en la Máquina de los Ángeles para ser ensayada a 30 rpm por 500 revoluciones.



**Fotografía N° 33.-** Material retirado de la Máquina de los Ángeles para posteriormente realizar la separación de la muestra sobre el tamiz N°12.



**Fotografía N° 34.-** Lavado y secado de la muestra retenida en el tamiz N°12.





**Fotografía N° 35.-** Muestra de combinación de material granular de la Cantera San Pedrito + EHAE, retenido en la malla N°12- Ensayo de Abrasión los Ángeles.



**Fotografía N° 36.-** Muestra de combinación de material granular de la Cantera Cambio Puente + EHAE, retenido en la malla N°12- Ensayo de Abrasión los Ángeles.



**Fotografía N° 37.-** Ensayo de partículas chatas y alargadas en los agregados.

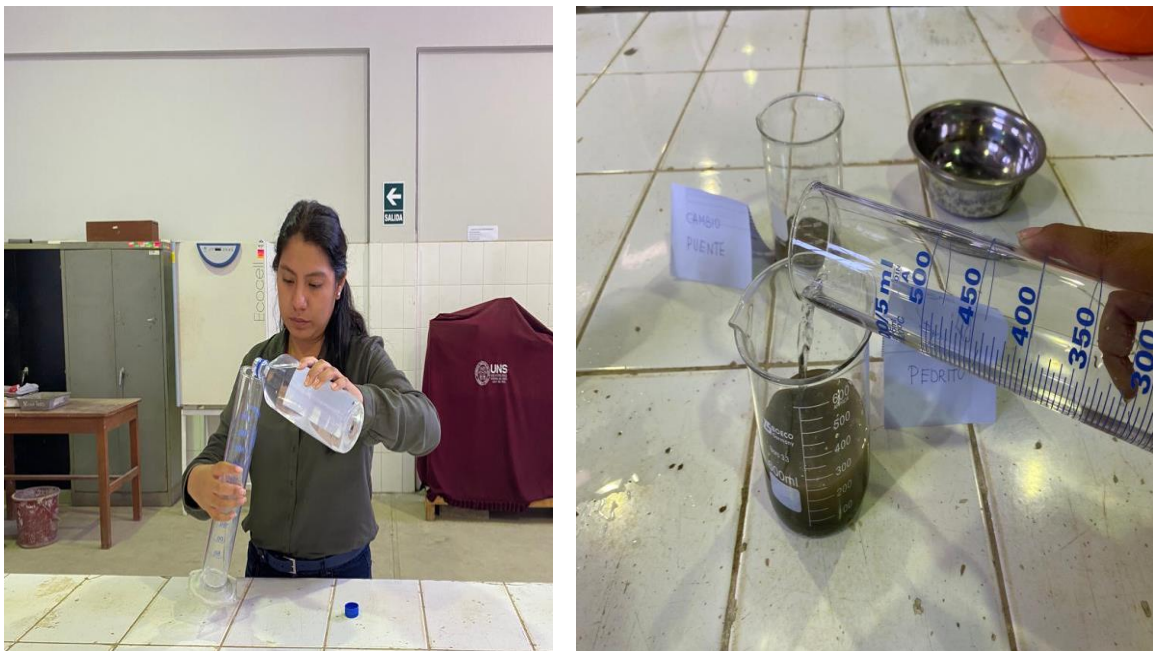


**Fotografía N° 38.-** Clasificación de cada partícula del material granular, en uno de los tres grupos: chatas, alargadas y ni chatas ni alargadas, mediante el calibrador de grosores.

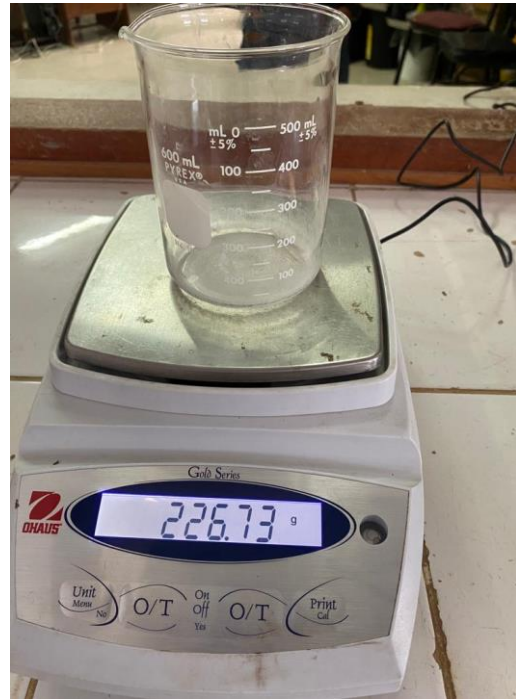




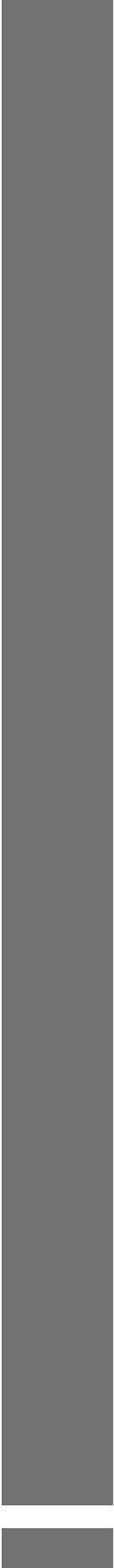
Fotografía N° 39.- Ensayo de partículas fracturadas en los agregados gruesos.



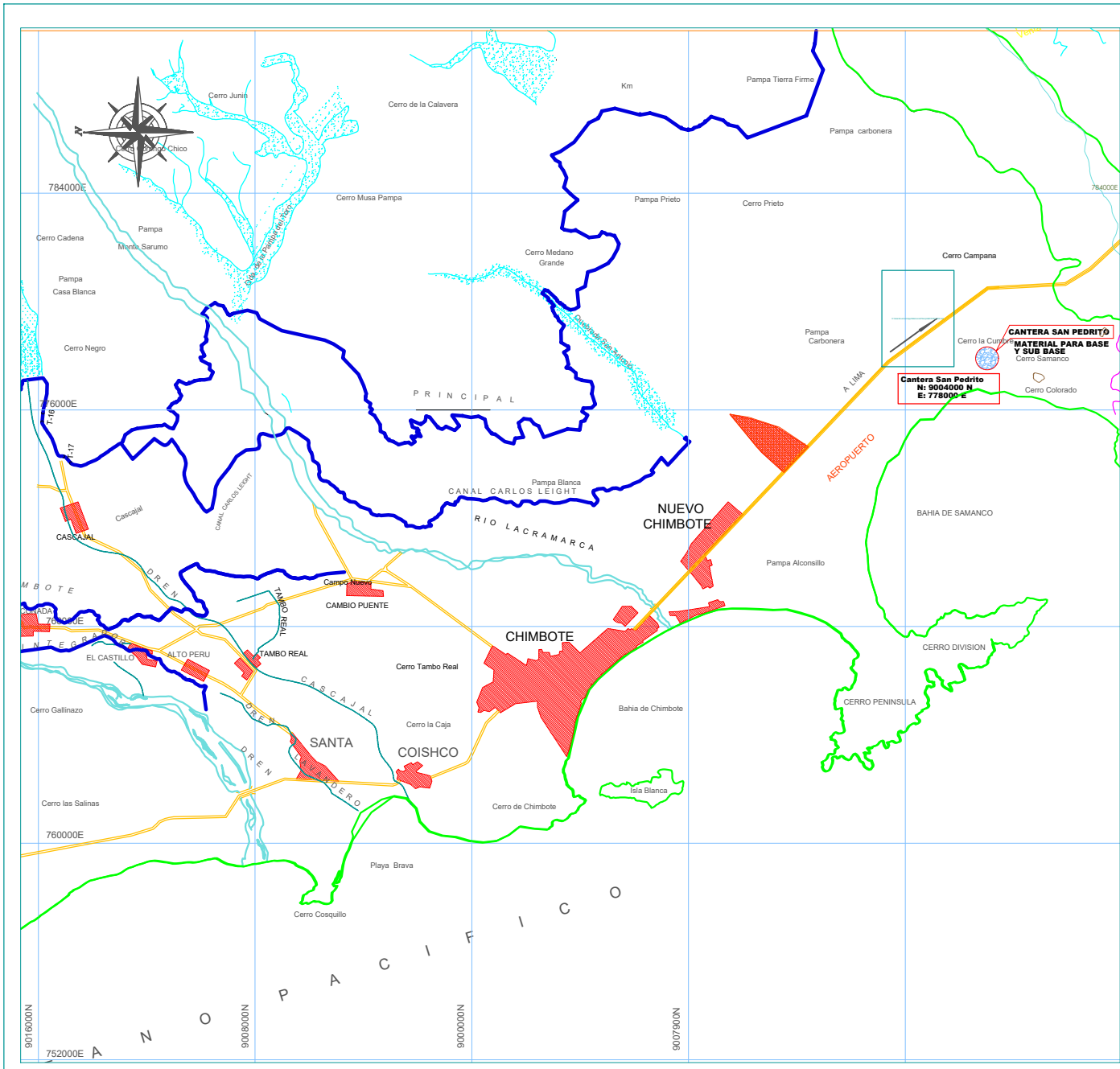
Fotografía N° 40.- Adición de agua destilada a la muestra del material de cantera para el Ensayo de Sales solubles.



Fotografía N° 41.- Ebullición de la muestra para la determinación de la presencia de sales.



**ANEXO 5. Plano de  
Ubicación de las  
Canteras**



**CUADRO DE COORDENADAS**

CANTERA	ESTE	NORTE
SAN PEDRITO	778000 E	898000 N

**LEYENDA**

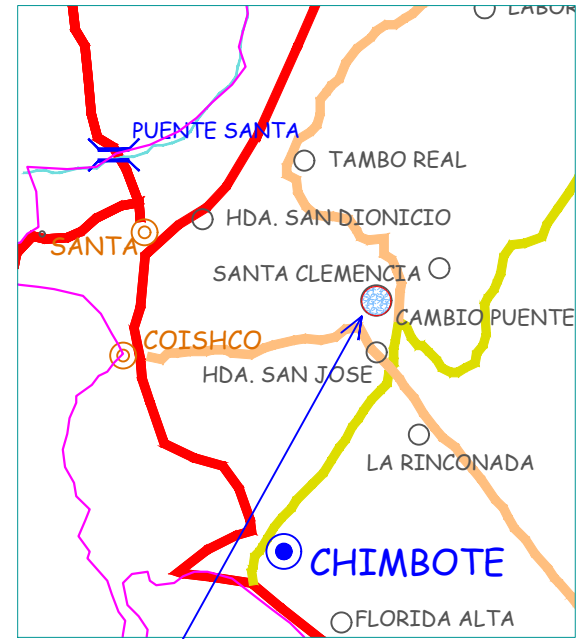
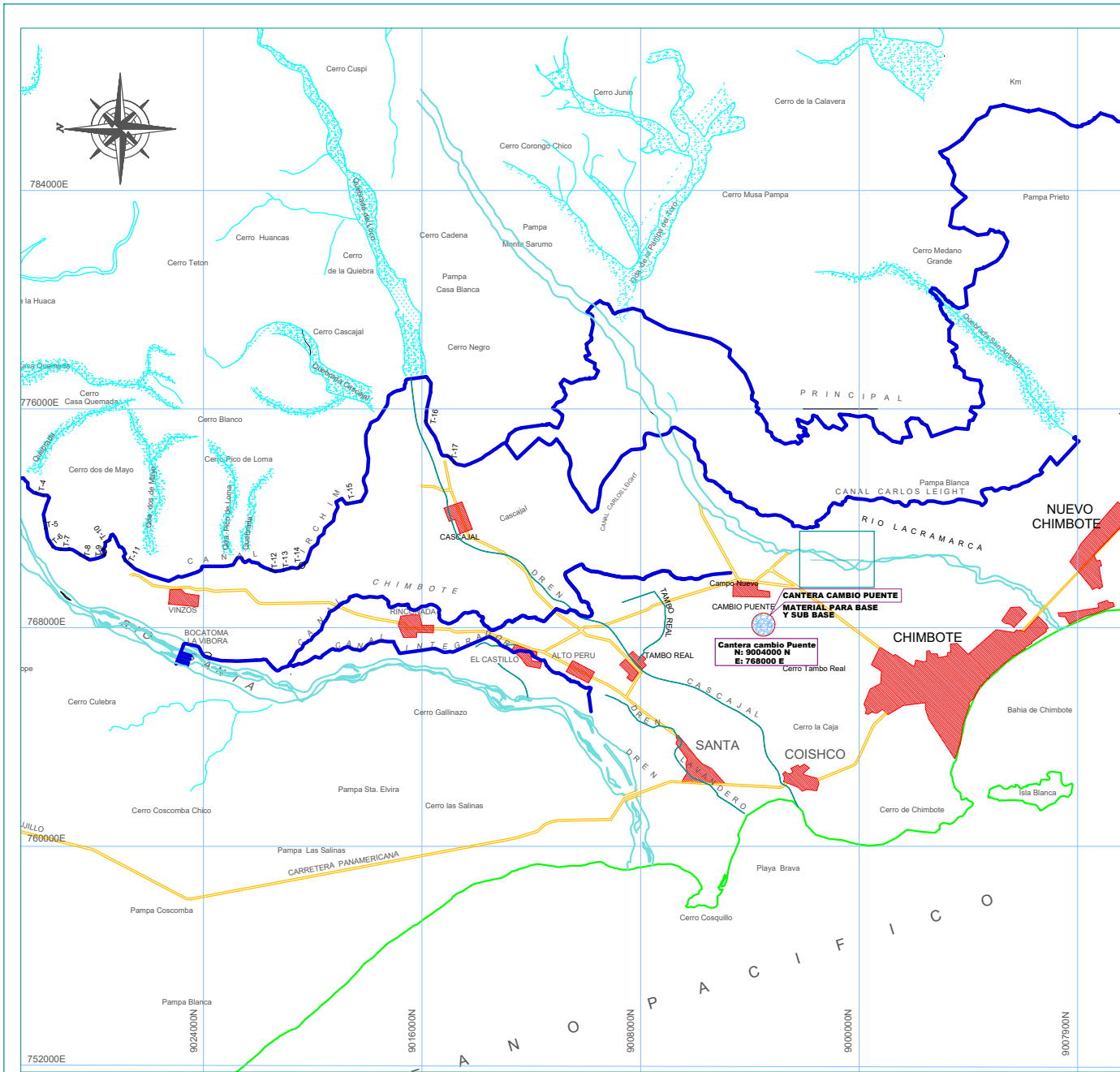
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CANTERA DE AFIRMADO
	NORTE MAGNÉTICO
	QUEBRADA
	CANAL
	CENTROS POBLADOS
	VÍAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
E.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022".  
 PLANO: UBICACION DE CANTERA - SAN PEDRITO  
 LÁMINA N°: UC-01

DIST: NUEVO CHIMBOTE    PROV: SANTA    DPTO: ANCASSH  
 FECHA: DICIEMBRE 2022    ASESOR: M. SÁEZ CERRA / RIVAPLATA DAZ    TESIS/TAU: -BACH. CHACÓN SILVA PAOLA CRISTINA / -BACH. CHAVEZ MELO ZARELA BETTY DARILEY    ESCALA: INDICADA






ESQUEMA DE LOCALIZACIÓN  
ESC: 1/100,000

CUADRO DE COORDENADAS		
CANTERA	ESTE	NORTE
CAMBIO PUENTE	768000 E	9008400 N

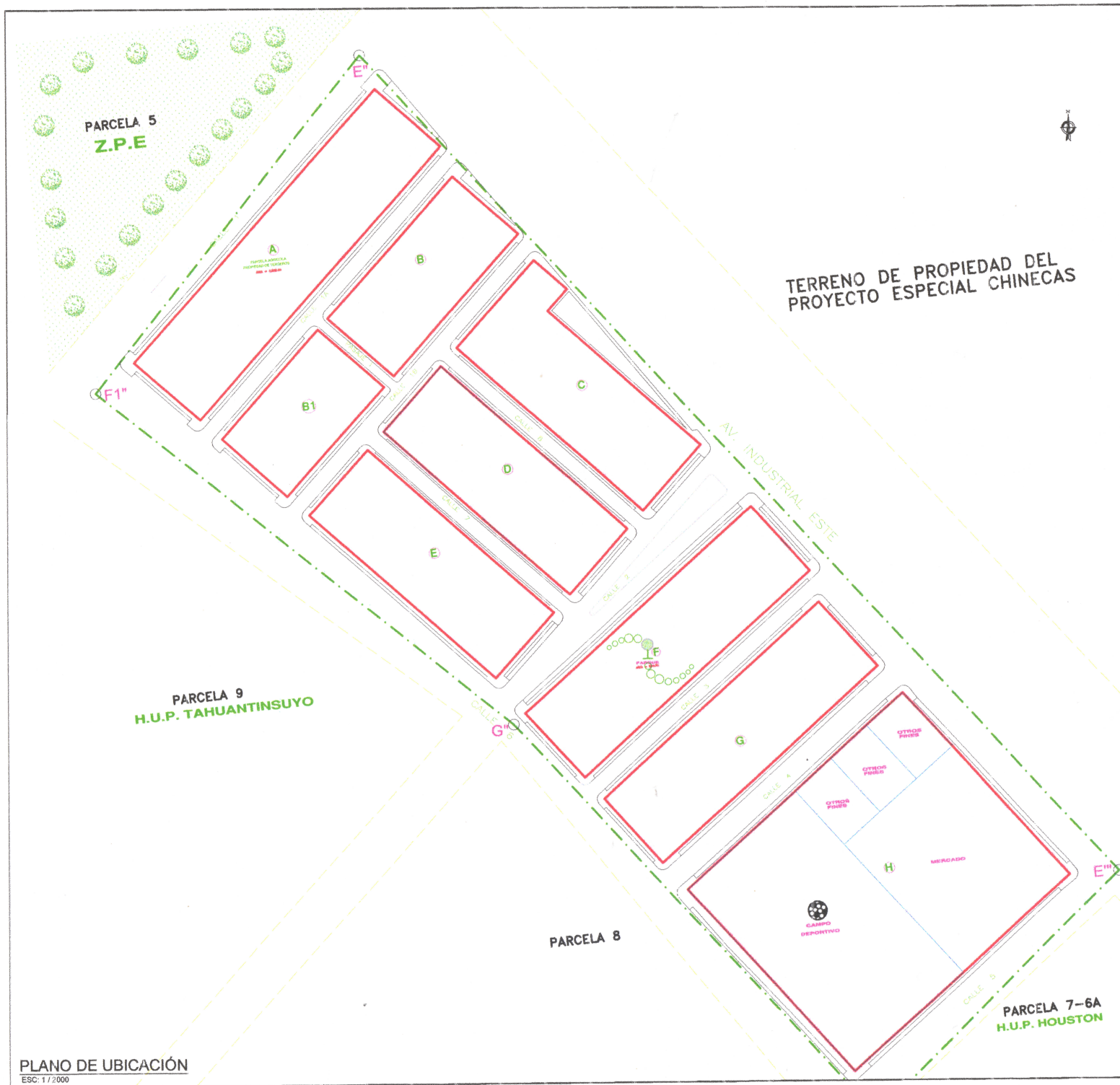
LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CANTERA DE AFIRMADO
	NORTE MAGNÉTICO
	QUEBRADA
	CANAL
	CENTROS POBLADOS
	VÍAS

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA E.P. INGENIERÍA CIVIL			
	TESIS: "OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022"		LÁMINA N°:
	PLANO: UBICACION DE CANTERA - CAMBIO PUENTE		<b>UC-02</b>
DEPT: NUEVO CHIMBOTE	PROV: SANTA	DPTO: ANCAHUA	ESCALA: INDICADA
FECHA: DICIEMBRE 2022	ALUMNOS: M. SÁEZ CRISTINA M. PLATA DAIZ	TUTORIAS: - BACH. CHACÓN SILVA PAOLA CRISTINA - BACH. CHAVEZ MELO ZARELA BETTY DARELYS	

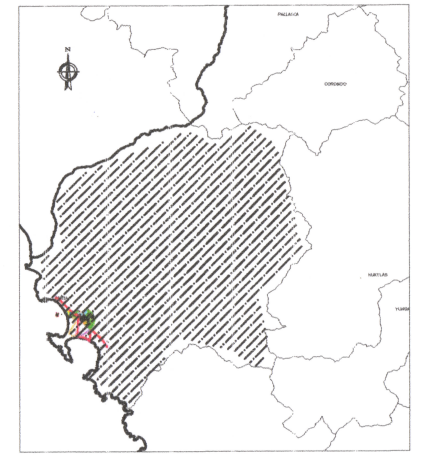


**ANEXO 6. Plano de  
Ubicación de la H.U.P.  
Bello Sur**





PLANO DE LOCALIZACIÓN  
ESC: 1/100'000



LOCALIZACION PROVINCIA

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA E.P. INGENIERÍA CIVIL			
	TESIS: OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS - NUEVO CHIMBOTE 2022.		AMINA N°  <b>UL-01</b>
	PLANO: UBICACION Y LOCALIZACION		
DIST: NUEVO CHIMBOTE	PROV: SANTA	DPTO: ANCASH	ESCALA: INDICADA
FECHA: DICIEMBRE 2022	ASESOR: MR. JULIO CEBAR ROYAS/FRANZ DIAZ	TESISITAB: BACH. CRISTINA SILVAPALA CRISTINA BACH. G. ANGELO MELO DARIUKA BETTY GARCIA YS	

PLANO DE UBICACIÓN  
ESC: 1/2000



## DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, Zarela Betty Darelys Chávez Melo, egresada de la

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	x
Escuela Profesional:	Ingeniería Civil					
Departamento Académico:	Civil y Sistemas					
Escuela de Posgrado	Maestría			Doctorado		
Programa:						
De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación titulado:						
<b>“OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS- NUEVO CHIMBOTE 2022”</b>						
presentado en 315 folios, para la obtención del Grado académico:						( )
Título profesional:	(x)	Investigación anual:			( )	
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.</li><li>➤ Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.</li><li>➤ Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.</li><li>➤ De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.</li></ul>						
Nuevo Chimbote, 02 de marzo de 2023.						
Firma:						
Nombres y Apellidos: Zarela Betty Darelys Chávez Melo						
DNI: 75658941						





## DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, Paola Cristina Chacón Silva, egresada de la

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	x
Escuela Profesional:	Ingeniería Civil					
Departamento Académico:	Civil y Sistemas					
Escuela de Posgrado	Maestría			Doctorado		
Programa:						
De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación titulado:						
<b>"OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZÁNDOLO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS- NUEVO CHIMBOTE 2022"</b>						
presentado en 314 folios, para la obtención del Grado académico:						( )
Título profesional:	(x)	Investigación anual:			( )	
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.</li><li>➤ Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.</li><li>➤ Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.</li><li>➤ De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.</li></ul>						
Nuevo Chimbote, 02 de marzo de 2023.						
Firma:						
Nombres y Apellidos: Paola Cristina Chacón Silva						
DNI: 75486346						