

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



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**“ANÁLISIS COMPARATIVO CON LOS MÉTODOS: INSTITUTO
DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 PARA
EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL A. H. LOS
JARDINES – NUEVO CHIMBOTE”**

**TESIS PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

TESISTAS:

BACH. CASTILLO NIMA, JHONNY DAVID

BACH. DOLORES VALVERDE, DEEKLA ACHITOPHEL

ASESOR:

MS. ING.VILLAVICENCIO GONZALEZ, FELIPE ELEUTERIO

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2020

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



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**“ANÁLISIS COMPARATIVO CON LOS MÉTODOS: INSTITUTO
DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 PARA
EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL A. H. LOS
JARDINES – NUEVO CHIMBOTE”**

**TESIS PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

TESISTAS:

BACH. CASTILLO NIMA, JHONNY DAVID

BACH. DOLORES VALVERDE, DEEKLA ACHITOPHEL

ASESOR:

MS. ING. VILLAVICENCIO GONZALEZ, FELIPE ELEUTERIO

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2020

A handwritten signature in blue ink, likely of the advisor, Felipe Eleuterio Villavicencio Gonzalez. The signature is written in a cursive style and includes the name 'V. Villavicencio' and the word 'Asesor' written vertically.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

El presente Trabajo de Tesis titulado: **"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DE ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL A.H. LOS JARDINES – NUEVO CHIMBOTE"**, ha contado con el asesoramiento de quien deja constancia de su aprobación. Por tal motivo, firmo el presente trabajo en calidad de Asesor.



Ms. Ing. Felipe Eleuterio Villavicencio González

Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DE
ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 PARA EL
DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL A.H. LOS
JARDINES – NUEVO CHIMBOTE”**

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

Revisada y Aprobada por el Jurado Evaluador:

Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz
Presidente

Ing. Cirilo Lino Olascuaga Cruzado
Secretario

Mag. Jenisse Del Rocio Fernandez Mantilla
Integrante

"Año de la Universalización de la Salud"

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 12 días del mes de octubre del año dos mil veinte, siendo las once horas de la mañana, cumpliendo con la Resolución N° 306-2020-CU-R-UNS (12.06.2020) y la Directiva 003-2020-UNSVRAC, sobre la "ADECUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OBTENCIÓN DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES DE PREGRADO DE LA UNS, SE REALICE EN FORMA VIRTUAL; a través del aplicativo virtual Zoom, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 140-2020-UNS-CFI, integrado por los docentes Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Ing. Cirilo Lino Olascuaga Cruzado (Secretario), y la Mag. Jenisse Del Rocío Fernández Mantilla (Accesitario) y en base a la Resolución Decanal N° 267-2020-UNS-FI, se da inicio a la sustentación de la Tesis titulada: "**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DE ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL A.H. LOS JARDINES – NUEVO CHIMBOTE**" presentado por los Bachilleres **CASTILLO NIMA JHONNY DAVID**, con código de matrícula N° **0201113046** y **DOLORES VALVERDE DEEKLA ACHITOPHEL** con código de matrícula N° **0200913027**, quienes fueron asesorados por el Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González, según la T. Resolución Decanal N° 143-2018-UNS-FI.

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

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
CASTILLO NIMA JHONNY DAVID	16	BUENO

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

Nuevo Chimbote, 12 de octubre de 2020.



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Presidente



Ing. Cirilo Lino Olascuaga Cruzado
Secretario



Mag. Jenisse Del Rocío Fernández Mantilla
Integrante

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 12 días del mes de octubre del año dos mil veinte, siendo las once horas de la mañana, cumpliendo con la Resolución N° 306-2020-CU-R-UNS (12.06.2020) y la Directiva 003-2020-UNSVRAC, sobre la "ADECUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OBTENCIÓN DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES DE PREGRADO DE LA UNS, SE REALICE EN FORMA VIRTUAL; a través del aplicativo virtual Zoom, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 140-2020-UNS-CFI, integrado por los docentes Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Ing. Cirilo Lino Olascuaga Cruzado (Secretario), y la Mag. Jenisse Del Rocío Fernández Mantilla (Accesitario) y en base a la Resolución Decanal N° 267-2020-UNS-FI, se da inicio a la sustentación de la Tesis titulada: "**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DE ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL A.H. LOS JARDINES – NUEVO CHIMBOTE**" presentado por los Bachilleres **CASTILLO NIMA JHONNY DAVID**, con código de matrícula N° **0201113046** y **DOLORES VALVERDE DEECLA ACHITOPHEL** con código de matrícula N° **0200913027**, quienes fueron asesorados por el Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González, según la T. Resolución Decanal N° 143-2018-UNS-FI.

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

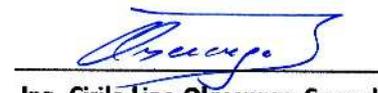
BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
DOLORES VALVERDE DEECLA ACHITOPHEL	16	BUENO

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

Nuevo Chimbote, 12 de octubre de 2020.



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Presidente



Ing. Cirilo Lino Olascuaga Cruzado
Secretario



Mag. Jenisse Del Rocío Fernández Mantilla
Integrante

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios ya que siempre me dio fuerzas para seguir este largo camino que hoy concluyo, me dio su bendición y amor en todo momento.

*A las personas más importantes en mi vida Mi Madre **Alcira**, Mi Padre **Ubaldo**, ya que ellos fueron mi motivación más grande en esta vida, ya que gracias a ellos yo me debo.*

*A mi esposa **Yulissa** por su gran amor incondicional y apoyo moral en todo momento, a quien le deseo una vida llena de tranquilidad y que Dios siempre la proteja.*

*A mis hermanos **Dean**, **Milagros** y **Leydy** que siempre estuvieron allí para mí darme sus consejos y animarme la vida en todo momento.*

*A mi Tía **María** y Prima **Karina** que recibí de ellas su apoyo en momentos difíciles de mi vida a lo largo de mi carrera universitaria.*

A mis amigos que influenciaron positivamente en toda mi formación académica durante la universidad.

JHONNY DAVID CASTILLO NIMA

DEDICATORIA

A Dios, por haberme brindado confianza, fortaleza, salud y guiarme en cada paso dado para cumplir mis objetivos.

A mis padres, Lidia y Rodolfo que, son el apoyo, la luz y la guía permanente de mi existir; razón por la cual les deseo una vida llena de felicidad y que Dios los bendiga siempre.

A todas aquellas personas que, de alguna u otra manera, colaboraron mediante sus valiosas opiniones en el desarrollo de esta tesis.

DEEKLA A. DOLORES VALVERDE

AGRADECIMIENTO

Expresamos en primer lugar, nuestro sincero y especial agradecimiento a Dios, a nuestros padres, por su comprensión y esfuerzo hicieron posible poder realizar esta tesis.

*En segundo lugar, un reconocido agradecimiento al conjunto de profesores e ingenieros que participaron en nuestra formación tanto personal como profesional., y en especial a nuestro asesor, el **Ms. Ing. Felipe Eleuterio Villavicencio González**, del cual estamos muy agradecidos por su tiempo y estímulo depositado.*

También agradecemos a Pablito, Técnico a cargo del Laboratorio de Mecánica de suelos y Materiales de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, que desinteresadamente nos ayudó en su disposición a absolver dudas en la ejecución de algunos ensayos. Además, a todas aquellas personas, que de alguna u otra manera contribuyen con esta tesis.

Y para finalizar hacemos mención de algunos amigos, que de alguna forma y de acuerdo a sus posibilidades, siempre nos apoyaron y dieron ánimo de continuar el rumbo de nuestros ideales; es por tal motivo que a todos ellos les manifestamos nuestro cordial y sincero agradecimiento, deseándole también muchos éxitos en el trayecto de sus vidas.

Los Tesistas

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I: INTRODUCCION

1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	2
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	4
1.2.1. Problema General.....	5
1.2.2. Problemas Específicos	5
1.3. OBJETIVOS	6
1.3.1. Objetivo General	6
1.3.2. Objetivos Específicos	6
1.4. JUSTIFICACION	6
1.5. LIMITACIONES DEL TRABAJO.....	7
1.6. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION.....	8

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION	10
2.2. BASE TEORICA.....	14
2.2.1. Pavimento.....	14
2.2.2. Clasificación.....	15
2.2.2.1. Pavimentos Flexibles	15
2.2.2.2. Pavimentos Rígidos	15
2.2.2.3. Pavimentos Mixtos	16
2.2.3. Pavimentos Flexibles	16
2.2.3.1. Características	16
2.2.3.1.1. Resistencia Estructural.....	16
2.2.3.1.2. Deformidad.....	17
2.2.3.1.3. Durabilidad	17
2.2.3.1.4. Costo.....	18
2.2.3.1.5. Requerimiento de la Conservación	18
2.2.3.1.6. Comodidad.....	18
2.2.3.2. Estructura.....	19
2.2.3.2.1. Carpeta Asfáltica.....	19
2.1.3.2.1. Base Granular	19

2.1.3.2.2.	Sub Base.....	19
2.2.3.3.	Deterioro.....	20
2.1.3.3.	Método de Diseño	26
2.1.3.3.1.	Métodos Empíricos	26
2.1.3.3.2.	Métodos para limitar la Falla por Corte	26
2.1.3.3.3.	Métodos para limitar las Deformaciones	27
2.1.3.3.4.	Métodos de Regresión basados en el desempeño de los Pavimentos o en las pruebas de la Carreteras	27
2.1.3.3.5.	Métodos Mecanístico – Empíricos.....	27
2.2.	GENERALIDADES MECANÍSTICO EN PAVIMENTOS.....	28
2.2.3.	Enfoque de las Metodologías Mecanísticas-Empíricas.....	28
2.2.4.	Ventajas y Características del Método Mecanístico-Empírico	29
2.2.5.	Descripción General de las Metodologías Mecanísticas – Empíricas	30
2.2.5.2.	Modelo Estructural del Pavimento	32
2.2.5.3.	Componentes del Diseño Mecanístico-Empírico	32
2.2.5.3.1.	Variables de Entrada	32
2.2.5.3.2.	Cálculos de Respuestas Estructurales.....	33
2.2.6.	Análisis Mecanístico de Pavimentos Asfálticos	33
2.2.6.2.	Modelos de Desempeño	34
2.2.6.2.1.	Agrietamiento	34
2.2.6.2.2.	Deformación Permanente.....	35
2.2.6.2.3.	Índice de Rugosidad Internacional (iri)	35
2.3.	VARIABLES O FACTORES PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS.....	36
2.3.3.	Factor de Tiempo.....	36
2.3.4.	Estructura del Pavimento	36
2.3.4.2.	Capa de Rodadura	36
2.3.4.3.	Capa Base.....	37
2.3.4.4.	Capa Subbase.....	37
2.3.5.	Tráfico Vial	37
2.3.5.2.	Conocimiento de la Demanda para Estudios	37
2.3.5.3.	Factor Direccional y Factor Carril	38
2.3.5.4.	Calculo de Tasas de Crecimiento y Proyección.....	39
2.3.5.5.	Numero de Repeticiones de Ejes Equivalentes	41
2.3.6.	Características de los Materiales	46
2.3.6.2.	Exploración de Suelos	47
2.3.6.3.	Caracterización de Sub Rasante	48
2.3.6.3.1.	Registro de Excavación	48

2.3.6.4.	Descripción de Suelos	50
2.3.6.4.1.	Granulometría	52
2.3.6.4.2.	Plasticidad.....	52
2.3.6.4.3.	Humedad Natural	53
2.3.6.4.4.	Clasificación de los Suelos	54
2.3.6.4.5.	Capacidad de Soporte (cbr).....	56
2.3.6.4.6.	Módulo de Resiliencia (Mr)	57
2.3.6.4.7.	Razón de Poisson.....	59
2.3.6.5.	Informe de Exploración	61
2.3.6.5.1.	Perfil Estratigráfico.....	61
2.3.6.6.	Mezclas Asfálticas.....	61
2.3.6.6.1.	Módulo Dinámico	61
2.3.6.6.2.	Extracción Cuantitativa de Asfalto o Lavado Asfáltico	62
2.3.6.6.3.	Contenido de Vacíos de Aire en Mezclas Asfálticas.....	63
2.3.5.	Factores Climáticos	65
2.3.5.1.	Temperatura Media Mensual y Anual del Aire (TMM) y (TMA)	65
2.4.	DESCRIPCION GENERAL DEL METODO DE DISEÑO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO	66
2.5.	METODO DE DISEÑO MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014	67
2.5.3.	Descripción General del Método CR-ME 2014.....	67
2.5.4.	Diseño con la Interfaz o Software del CR-ME	68
2.5.4.2.	Proyecto	68
2.5.4.3.	Características del Proyecto.....	69
2.5.4.3.1.	Velocidad Operacional.....	69
2.5.4.3.2.	Ancho de Carril	70
2.5.4.3.3.	Periodo de Diseño	70
2.5.4.3.4.	Zigzagueo Lateral	70
2.5.4.4.	Datos de entrada.....	70
2.5.4.4.1.	Módulo Transito	71
2.5.4.4.1.1.	Cálculo de Ejes Equivalentes de Carga (ESAL)	72
2.5.4.4.2.	Módulo de Clima	74
2.5.4.4.2.1.	Índice de Thornthwaite y Temperatura Promedio Mensual	75
2.5.4.4.3.	Módulo Materiales.....	75
2.5.4.4.3.1.	Número de Subcapas por Capas	76
2.5.4.4.3.2.	Carpeta Asfáltica	77
2.5.4.4.3.2.1.	Características de la Estructura.....	77
2.5.4.4.3.2.2.	Propiedades de Mezcla Asfáltica	78

2.5.4.4.3.2.3.	Propiedades del Ligante Asfáltico.....	78
2.5.4.4.3.2.4.	Graficar Curva Maestra	79
2.5.4.4.3.3.	Base y Subbase Granular	80
2.5.4.4.3.3.1.	Características de la Estructura.....	81
2.5.4.4.3.4.	Subrasante	83
2.5.4.4.3.4.1.	Características de la Estructura.....	83
2.5.4.4.4.1.	Criterios de Aceptación	84
2.5.4.4.4.2.	Modelos de Desempeño	85
2.5.4.5.	Salida del Software	88
2.5.4.5.1.	Respuesta de Módulos Resilientes y Dinámicos	88
2.5.4.5.2.	Respuesta por Fatiga.....	89
2.5.4.5.3.	Respuesta de Ahuellamiento.....	90
2.6.	DEFINICION DE TERMINOS.....	91
2.7.	MARCO NORMATIVO	94

CAPÍTULO III: MATERIALES Y METODOS

3.1.	TIPO DE INVESTIGACION	96
3.2.	NIVEL DE INVESTIGACION	96
3.3.	UNIDAD DE ANALISIS	96
3.4.	UBICACIÓN	96
3.5.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	96
3.6.	VARIABLES	96
3.6.1.	Variable Independiente.....	96
3.6.2.	Variable Dependiente	97
3.6.3.	Matriz de Consistencia	97
3.6.4.	Operacionalización de Variables	98
3.7.	INSTRUMENTOS	99
3.8.	PROCEDIMIENTOS	100

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.	RESULTADOS.....	102
4.1.1.	Método de Diseño del Instituto de Asfalto	102
4.1.1.1.	Datos o Variables de Entrada	102
4.1.1.2.	Alternativa elegida:.....	104
4.1.2.	Método de Diseño Mecánico-Empírico CR-ME 2014	105
4.1.2.1.	Diseño con la Interfaz o Software del CR-ME 2014.....	105

4.1.2.1.1.	información del proyecto.....	105
4.1.2.1.2.	Características del Proyecto.....	106
4.1.2.2.	Datos de Entrada	107
4.1.2.2.1.	Módulo Transito	107
4.1.2.2.1.1.	Cálculo de Ejes Equivalentes de Carga (ESAL)	107
4.1.2.2.2.	Módulo de Clima	108
4.1.2.2.2.1.	Caracterización Climática	108
4.1.2.2.3.	Módulo Materiales.....	109
4.1.2.2.3.1.	Numero de Subcapas por Capas	109
4.1.2.2.3.2.	Carpeta Asfáltica	110
4.1.2.2.3.2.1.	Características de la Estructura.....	110
4.1.2.2.3.2.2.	Propiedades de Mezcla Asfáltica	110
4.1.2.2.3.2.3.	Propiedades del Ligante Asfáltico.....	111
4.1.2.2.3.2.4.	Curva Maestra	111
4.1.2.2.3.3.	Base y Subbase Granular	112
4.1.2.2.3.3.1.	Características de la Estructura.....	112
4.1.2.2.3.4.	Subrasante	113
4.1.2.2.3.4.1.	Características de la Estructura.....	113
4.1.2.2.4.1.	Criterios de Aceptación	113
4.1.2.2.4.2.	Modelos de Deterioro	114
4.1.2.3.	Salida del Software	117
4.1.2.3.1.	Respuesta de Módulos Resilientes y Dinámicos	117
4.1.2.4.	Diseño Final	120
4.1.3.	Análisis Comparativo	121
4.1.3.1.	Análisis Técnico-Estructural.....	121
4.1.3.2.	Análisis Económico.....	122
4.1.3.2.1.	Análisis de Precios Unitarios	122
4.1.3.2.2.	Presupuesto.....	122
4.1.3.3.	Elección de la Mejor Alternativa	123
4.2.	DISCUSIÓN	124

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	CONCLUSIONES	128
5.2.	RECOMENDACIONES	130

CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

6.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y VIRTUALES	132
---	-----

CAPÍTULO VII: ANEXOS

ANEXO N° 01 ENSAYO GRANULOMÉTRICO, CONTENIDO DE HUMEDAD Y LIMITES DE ATTERBERG	136
ANEXO N° 02 ENSAYO COMPACTACION	148
ANEXO N° 03 ENSAYO DE CBR	153
ANEXO N° 04 MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE	161
ANEXO N° 05 CONTEO VEHICULAR	162
ANEXO N° 06.....	169
INDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)	169
ANEXO N° 07.....	174
CALCULO DE (FCA), (FD) Y (FC)	174
ANEXO N° 08.....	175
CALCULO DE FVP Y FP	175
ANEXO N° 09.....	179
CALCULO DE LA ESAL	179
ANEXO N° 10.....	180
CALCULO DE INDICE DE THORNTHWAITE	180
ANEXO N°11.....	182
MEJORAMIENTO DE MATERIAL PARA BASE Y SUB BASE	182
ANEXO N° 12.....	196
CALCULO DEL MODULO DE RESILIENCIA DEL MATERIAL PARA BASE Y SUB BASE	196
ANEXO N°13 LAVADO ASFALTICO	197
ANEXO N° 14.....	198
CARTAS DE DISEÑO DEL METODO DEL INSTITUTO ASFALTO	198
ANEXO N° 15.....	199
METRADOS.....	199
ANEXO N° 16.....	201
ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS DEL INSTITUTO DEL ASFALTO	201
ANEXO N° 17.....	205

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS DEL CR-ME 2014	205
ANEXO N° 18.....	209
PANEL FOTOGRAFICO.....	209

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.3.1. Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño.....	39
Tabla 2.3.2. Factores de Crecimiento Acumulado (Fea) para el Cálculo de Número de Repeticiones de EE.....	41
Tabla 2.3.3. Configuración de Ejes Equivalentes	42
Tabla 2.3.4. Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos	43
Tabla 2.3.5. Factor de Ajuste por Presión de Neumático (Fp) para Ejes Equivalentes (EE)	45
Tabla 2.3.6. Numero de calicatas para exploración de suelos	48
Tabla 2.3.7. Numero de ensayo Mr y CBR	49
Tabla 2.3.8. Signos convencionales para perfil de calicatas – Clasificación AASHTO	50
Tabla 2.3.9. Signos convencionales para perfil de calicatas – Clasificación SUCS.....	51
Tabla 2.3.10. Clasificación de suelos según tamaño de partículas	52
Tabla 2.3.11. Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad	53
Tabla 2.3.12. Correlación de Tipos de Suelos AASHTO - SUCS	54
Tabla 2.3.13. Correlación de Tipos de Suelos AASHTO - SUCS	55
Tabla 2.3.14. Categorías de Subrasante	57
Tabla 2.3.15. Módulos de Poisson convencionales para materiales de pavimentos asfálticos.....	60
Tabla 2.3.16. Graduaciones propuestas para mezclas cerradas (ASTM D3515)	64
Tabla 2.3.17. Criterio de diseño de mezclas Marshall.....	65
Tabla 3.1.1. Matriz de Consistencia.....	94
Tabla 3.1.2. Operacionalización de Variables	95
Tabla 4.1.1. Valor Percentil del CBR al 95% de la MDS por nivel de tránsito.....	99
Tabla 4.1.2. Parámetros obtenidos por el Método del Instituto del Asfalto.....	100
Tabla 4.1.3. Alternativas de diseño según espesor de capas	120
Tabla 4.1.4. Comparación Técnico-Estructural entre los métodos Instituto del Asfalto y Mecánico-Empírico CR-ME 2014	121
Tabla 4.1.5. Resumen del Presupuesto por el método del Instituto del Asfalto.	122
Tabla 4.1.6. Resumen del Presupuesto por el método Mecánico-Empírico CR-ME 2014.	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.2.1. Gráfica de predicción de desempeño	30
Figura 2.2.2. Esquema funcionamiento método mecánico – empírico	31
Figura 2.2.3. Estado de transición de metodologías empíricas a mecanicistas.	31
Figura 2.2.4. Puntos críticos, pavimento de asfalto convencional	34
Figura 2.3.1. Concepto de módulo de Resiliencia	58
Figura 2.3.2. Correlaciones típicas entre las clasificaciones y propiedades de los suelos con el módulo de resiliencia.....	59
Figura 2.3.3. Módulo Dinámico.....	62
Figura 2.5.1. Interfaz principal	68
Figura 2.5.2. Información del proyecto.....	69
Figura 2.5.3. Características del proyecto.....	70
Figura 2.5.4. Datos de entrada	71
Figura 2.5.5. Interfaz principal módulo Tránsito.....	72
Figura 2.5.6. Interfaz Ejes Equivalentes de Carga	74
Figura 2.5.7. Ventana de datos climáticos	75
Figura 2.5.8. Selección de la cantidad de capas	76
Figura 2.5.9. Ingreso de las propiedades de la mezcla asfáltica en el Nivel 3	78
Figura 2.5.10. Nivel 3 de ingreso de datos del ligante asfáltico	79
Figura 2.5.11. Curva Maestra	80
Figura 2.5.12. Ventana de ingreso nivel 3 base granular	82
Figura 2.5.13. Datos de ingreso subrasante para nivel 3	83
Figura 2.5.14. Criterios de aceptación	85
Figura 2.5.15. Modelo de estimación de las repeticiones permitidas por fatiga de abajo hacia arriba	85
Figura 2.5.16. Modelo de estimación de las repeticiones permitidas por fatiga de arriba hacia abajo	86
Figura 2.5.17. Modelo de ahuellamiento	86
Figura 2.5.18. Funciones de transferencia.....	87
Figura 2.5.19. Ahuellamiento en la base.....	88
Figura 2.5.20. Ahuellamiento en la subrasante.....	88
Figura 2.5.21. Módulos resilientes mensuales para las capas no ligadas y módulo dinámico mensual de la carpeta asfáltica	89
Figura 2.5.22. Daño por fatiga, área agrietada y agrietamiento longitudinal.....	90
Figura 2.5.23. Ahuellamiento en cada capa.....	91

Figura 3.8.1. Esquema del procesamiento de la información.....	100
Figura 3.8.2. Flujograma.....	100
Figura 4.1.1. Cartilla para base no tratada de 10 Pulg. de Espesor.....	103
Figura 4.1.2. Cartilla para base no tratada de 12 Pulg. de Espesor.....	104
Figura 4.1.3. Propuesta de Diseño según el Instituto del Asfalto	105
Figura 4.1.4. Información del proyecto.....	105
Figura 4.1.5. Características del proyecto.....	107
Figura 4.1.6. Cálculo de ejes equivalentes de carga (ESAL)	108
Figura 4.1.7. Caracterización climática	109
Figura 4.1.8. Cantidad de capas del pavimento.....	109
Figura 4.1.9. Características de la estructura de la carpeta asfáltica.....	110
Figura 4.1.10. Propiedades de la mezcla asfáltica	110
Figura 4.1.11. Propiedades del ligante asfáltico	111
Figura 4.1.12. Curva maestra de la mezcla asfáltica.....	111
Figura 4.1.13. Características de la Base Granular	112
Figura 4.1.14. Características de la Sub Base Granular	112
Figura 4.1.15. Características de la Sub Base Granular	113
Figura 4.1.16. Criterios de aceptación de deterioro	114
Figura 4.1.17. Modelo de estimación de las repeticiones permitidas por fatiga de abajo hacia arriba	114
Figura 4.1.18. Modelo de estimación de las repeticiones permitidas por fatiga de arriba hacia abajo	115
Figura 4.1.19. Modelo de ahuellamiento	115
Figura 4.1.20. Funciones de transferencia.....	115
Figura 4.1.21. Ahuellamiento en la Base	116
Figura 4.1.22. Ahuellamiento en la Sub Base.....	116
Figura 4.1.23. Ahuellamiento en la Sub Rasante.....	117
Figura 4.1.24. Datos de entrada completos	117
Figura 4.1.25. Módulos resilientes mensuales de las capas granulares.....	118
Figura 4.1.26. Módulo dinámico mensual de la carpeta asfáltica.....	118
Figura 4.1.27. Daño por fatiga ascendente y descendente	119
Figura 4.1.28. Área agrietada y Agrietamiento longitudinal	119
Figura 4.1.29. Ahuellamiento en cada capa.....	120

RESUMEN

Esta investigación busca determinar el método óptimo para el diseño de estructura del pavimento flexible en el A.H. Los Jardines-Nuevo Chimbote. Se trabajó dos métodos: INSTITUTO DEL ASFALTO bajo los parámetros de diseño: Estudio Mecánica de Suelos (EMS), Periodo de Diseño, ESAL de diseño, Modulo de Resiliencia y Tipo de base de agregado; y el método MECANÍSTICO-EMPÍRICO Costa Rica-Mecanístico Empírico (CR-ME) 2014 con parámetros de diseño: EMS, Periodo de Diseño, ESAL de diseño, Modulo de Resiliencia, Datos de materiales, Estudio de Clima y Criterios de aceptación para el análisis de desempeño. Los resultados indican que el método CR-ME 2014 es óptimo para el diseño de pavimento flexible con valores de carpeta asfáltica de 5”, de base granular de 6” y Subbase granular de 6”.

Palabras Claves: A.H. Los Jardines, Costa Rica Mecanístico Empírico (CR-ME), Instituto del Asfalto, Parámetros de diseño, Óptimo.

ABSTRACT

This research seeks to determine the optimal method for the design of flexible pavement structure in the A.H. The Gardens-Nuevo Chimbote. Two methods were worked: ASPHALT INSTITUTE under the design parameters: Soil Mechanical Study (EMS), Design Period, ESAL design, Resilience Module and Type of aggregate base; and the MECHANISTIC-EMPIRICAL method Costa Rica-Mecanístico Empirico (CR-ME) 2014 with design parameters: EMS, Design Period, ESAL design, Resilience Module, Material data, Climate Study and Acceptance Criteria for analysis performance. The results indicate that the CR-ME 2014 method is optimal for the design of flexible pavement with values of 5 "asphalt layer, 6" granular base and 6 "granular subbase.

Keywords: A.H. Los Jardines, Costa Rica, Mechanical Empirical (CR-ME), Asphalt Institute, Design Parameters, Optimal.

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Desde los inicios de los primeros asentamientos humanos e inicios de las primeras civilizaciones, los humanos siempre buscamos estar comunicados de alguna u otra forma, siendo múltiples las razones por las que se buscaba este fin, siendo las más importantes comercial, militar y cultural, teniendo como principal medio el diseño y la construcción de carreteras, usando diferentes materiales y métodos.

Los primeros métodos para el diseño de pavimentos, comenzaron a desarrollarse a finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Durante ese periodo los diseños se hacían en base a la experiencia y al sentido común de los ingenieros participantes, obteniéndose a veces los buenos resultados; pero el problema era que, cuando se extrapolaban a otras condiciones diferentes a las del diseño, es decir, zonas o áreas con diferentes parámetros de diseño como tipo de suelo, tráfico y clima, los resultados obtenidos en estos casos no cumplían con las expectativas o no eran fiables en su totalidad, por lo que los métodos eran poco confiables. (García, Gutiérrez y Hernández, 2014)

En la mayoría de los países de Latinoamérica existe una latente necesidad por la implementación de una guía de diseño de pavimentos que esté de acuerdo las características de los materiales constituyentes de la estructura de pavimento, a las condiciones climáticas que ofrece una zona tropical, de acuerdo a las cargas de tránsito, así como a las políticas de mantenimiento, rehabilitación, reconstrucción y priorización de inversiones, es decir a parámetros propios de la zona en la que se construirá el pavimento; y aunque en Estados Unidos se ha desarrollado una guía bastante completa, no se

puede aplicar tal como se encuentra, dado que ésta cumple con las condiciones o parámetros descritos anteriormente para ese país, pero lo que sí es rescatable y aplicable es la metodología de diseño Mecanística-empírica, la cual puede ser calibrada y posiblemente utilizada en cualquier parte del mundo.

Actualmente se tiene conocimiento de las limitaciones que presenta los procedimientos de la Guía de diseño AASHTO 1993, los cuales son completamente empíricos y muy limitados, especialmente a la hora de considerar el tránsito de vehículos pesados. Los diseños de pavimentos, materiales y métodos de construcción utilizados en la prueba de rodado AASHTO eran representativos de la época en la cual se efectuó, por lo que han perdido toda validez. Además, es difícil visualizar los efectos de las condiciones climáticas en otras latitudes en el desempeño de los pavimentos, por el hecho de que la prueba de rodado AASHTO se efectuó en una localidad geográfica específica (Illinois, USA).

En el Perú la infraestructura del transporte, constituido principalmente por las vías terrestres son la base para el desarrollo del país, posibilitando la competitividad y la consecuente mejora de las condiciones de vida de la población, lo que hace necesario la construcción basada en adecuados métodos de diseños, además del mantenimiento y/o rehabilitación oportuna de estas vías. El Perú, debido a su diversidad climática requiere de diseños de pavimentos y mezclas asfálticas con parámetros y propiedades específicas para así atender las necesidades de cada región. Además, según menciona Huamán (2011): “En el Perú, la deformación permanente en sus diferentes formas es una de las fallas más importantes e incidentes en el comportamiento

de los pavimentos asfálticos” (p.3), siendo importante mencionar que el conocimiento de las causas que originan las fallas y deterioro de los pavimentos ocasionados en gran medida por las variadas condiciones climáticas del país, permitirá anticiparse a que ocurra deterioro prematuro de los pavimentos flexibles en el Perú.

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

En el mundo entero sucede que el aumento de la población hace que, en determinados países, el impacto de la migración y aglomeración de la población en la ciudad, ha sido muy relevante respecto al crecimiento demográfico, en la actualidad más de la mitad de la población mundial vive en ciudades de más de 300 000 habitantes, ciudades a las que se prevé que siga aumentando el número y llegue alcanzar el 70% de la población.

En América Latina como bien se sabe las expansiones urbanas alrededor de la ciudad (las invasiones) crea una estructura urbana no planificada, en México lo toman como un fenómeno multidimensional y que para el año 2020 se tendrá una expansión de la superficie urbana de entre 38 000 y 56 000 hectáreas, millones de personas construirán sus viviendas y habrá nuevas calles y avenidas donde el terreno debe ser analizado geotécnicamente para una futura construcción de un pavimento.

En el Perú al igual que otros países latinoamericanos sufre de las expansiones poblacionales sin una planificación urbana, generando la creación de nuevas áreas de población, trayendo consigo vías de tránsito peatonal y vehicular sin una pavimentación durante periodo inicial de su conformación como unidad vecinal. Posteriormente, en un corto periodo, a causa de exigencia de los

moradores, las municipalidades se ven forzadas a ejecutar proyectos de pavimentación de manera rápida, sin los adecuados estudios pertinentes, generando a su vez deficientes diseños de estructuras de pavimentos flexibles. Posteriormente estos pavimentos comenzaran a presentar problemas infraestructurales, provocando consigo malestar a transportistas y moradores.

La Situación en el A. H. Los Jardines de la ciudad de Nuevo Chimbote, es la carencia de pavimentación flexible, desencadenando la aparición de variados problemas, como enfermedades de carácter respiratorio, por el polvo ocasionado del tránsito vehicular, siendo algunos de estos de carga pesada. Otro problema de la falta de pavimentación en la mencionada zona de estudio, son los problemas de transitabilidad y posterior deterioro vehicular.

La propuesta de pavimentación en dicho asentamiento se hará con la finalidad de hacer un óptimo diseño de pavimento flexible, donde se hará una elección entre los métodos INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014; es por eso que nos lleva a plantear los siguientes problemas General y Específicos.

1.2.1. Problema General

¿Cuál de los métodos de diseño del Instituto del Asfalto y Mecanístico-Empírico CR-ME 2014, será óptimo para el diseño de la estructura del Pavimento flexible del A. H. Los Jardines - Nuevo Chimbote?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Es posible obtener los parámetros de diseño de Pavimento flexible, para poder aplicar los métodos del Instituto del Asfalto y Mecanístico-Empírico CR-ME 2014, en el A. H. Los Jardines - Nuevo Chimbote?.

- ¿Es posible que mediante un análisis comparativo técnico y económico de los métodos de diseño del Instituto del Asfalto y Mecanístico-Empírico CR-ME 2014, se pueda obtener el diseño óptimo de la estructura del Pavimento flexible?.
- ¿Es posible que los resultados obtenidos por los software's, se puedan analizar e interpretar?.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Determinar el método óptimo para el diseño de la estructura de Pavimento flexible del A. H. Los Jardines - Nuevo Chimbote, con los métodos de diseño del Instituto del Asfalto y Mecanístico-Empírico CR-ME 2014.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Obtener los parámetros de diseño de pavimento flexible, para la aplicación de los métodos del Instituto del Asfalto y Mecanístico-Empírico CR-ME 2014, en el A. H. Los Jardines - Nuevo Chimbote.
- Realizar un análisis comparativo técnico y económico de los métodos de diseño del Instituto del Asfalto y Mecanístico-Empírico CR-ME 2014, para poder obtener el diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible
- Analizar e interpretar los resultados obtenidos por los software's.

1.4. JUSTIFICACION

- Esta investigación busca generar una alternativa técnica, generando mayor información y/o conocimientos en el estudio de pavimentos flexibles al

aplicar los métodos Instituto del Asfalto y Mecanístico-Empírico CR-ME 2014.

- Tiene un aporte social porque ofrecerá la alternativa más apropiada para hacer frente al problema del deficiente servicio de transitabilidad y plantear una estructura de pavimento flexible, viéndose favorecidos los pobladores del A.H. Los Jardines
- Será beneficioso a nivel económico, pues los pobladores verán disminuidos los gastos en mantenimiento de sus vehículos, ya que tendrán un pavimento para el tránsito vehicular, además los predios del sector incrementarán su valor comercial.

1.5. LIMITACIONES DEL TRABAJO

- El ensayo triaxial con carga cíclica no se realizó en las muestras de suelos granulares, ya que el Perú no cuenta con la máquina de ensayo universal (UMT), por lo que para obtener los módulos resilientes se empleó las ecuaciones de correlación detallada en el manual carreteras (MTC 2013).
- Limitada información bibliográfica y/o virtual sobre la aplicación del método de diseño Mecanístico Empírico adaptado a nuestra ubicación geográfica por lo que solo se optó por utilizar los estudios realizados por la universidad de Costa Rica.

1.6. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION

La obtención de parámetros para el diseño de pavimento flexible, permitirá realizar un análisis comparativo técnico y económico de los métodos del Instituto del Asfalto y Mecanístico-Empírico CR-ME 2014, para poder determinar el diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible en el A. H. Los Jardines - Nuevo Chimbote.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

García, Gutiérrez, y Hernández Tipo de investigación cuasi experimental (Análisis comparativo para diseño de pavimentos flexibles mediante las alternativas: IMT-PAVE y CR-ME del método mecanicista empírico, con el método AASHTO 93, 2014) en la investigación de su tesis presentó como objetivo principal elaborar un análisis comparativo para diseño de pavimentos flexibles mediante las alternativas: IMT-PAVE, CR-ME con el método AASHTO 93. Pudiendo, comparar las variables, investigar y evaluar los parámetros de cada una de las alternativas y el método de diseño de pavimentos flexible, comparando la facilidad o dificultad de obtención de los mismos en el medio que se realizó (El Salvador). Tuvo como finalidad generar un primer acercamiento a las alternativas IMTPAVE y CR-ME en El Salvador, debido a que se usa desde hace muchos años para el diseño de pavimentos flexible el AASHTO 93, por lo cual abordó y desarrolló nuevas alternativas más en concordancia con las necesidades actuales de los pavimentos flexibles. En lo que respecta a los métodos mecanicistas de IMTPAVE y CR-ME con las principales variables de entrada: Periodo de Diseño; Tránsito vehicular mediante el ESAL y los espectro de Carga; Estructura del pavimento; Propiedades de los materiales mediante los ensayos de módulo dinámico (materiales asfálticos) y módulo resiliente (suelos y materiales granulares); factores climáticos, como temperatura, humedad; que mediante los análisis y cumplimiento con los modelos de deterioro de fatiga, deformación permanente y de regularidad superficial, obtuvieron como resultados mediante el primer método (IMTPAVE) los espesores de Carpeta Asfáltica: 12 cm (5”), Base: 20 cm (8”), Subbase: 40 cm (16”), en cambio con el segundo método (CR-ME con

el análisis climático) los espesores de Carpeta Asfáltica: 30 cm (12”), Base: 51 cm (20”), Subbase: 61 cm (24”). Con el Método AASHTO 93, tomado como referencia, los valores obtenidos fueron Carpeta Asfáltica: 10 cm (4”), Base: 20 cm (8”), Subbase: 20 cm (8”). Es importante destacar que utilizaron la interfaz gráfica de CR-ME versión 1.0, con variables de entrada de nivel de conocimiento básico. Los autores concluyen que, en lo referente a espesores, las metodologías basadas en conceptos mecanicistas, presentan diseños mucho más precisos con resultados que presentan menor incertidumbre, debido a la cuantificación más exhaustiva de los parámetros de diseño (entrada), teniendo para el caso del IMP-PAVE una caracterización real del tráfico mediante el empleo de los espectros de carga; sin embargo, el Método del CR-ME presenta un análisis mucho más confiable, en comparación con el AASHTO 93, debido a la introducción de deformaciones requeridas en puntos críticos de la estructura de pavimentos, así como la introducción de los efectos del clima.

Salamanca y Zuluaga Tipo de investigación cuasi experimental (Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para la vía la YE - Santa Lucia Barranca Lebrija entre las abscisas K19+250 a K25+750 ubicada en el Departamento del Cesar. Bogotá: Universidad Católica de Colombia), en la investigación de su tesis tuvieron como objetivo general diseñar la estructura del pavimento flexible para la vía mencionada con los métodos AASHTO 1993, INVIAS y el del Instituto del Asfalto, teniendo que cumplir criterios de aceptación o verificación como protección por capas, fisuración y ahuellamiento. Con el método del INVIAS los espesores resultantes por tramo fueron: Carpeta Asfáltica: 7.5 - 10 cm, Base

granular: 20 cm y Sub Base granular: 35 cm con capa de mejoramiento, empleando geotextil no tejido y geomalla biaxial. En lo respecta al método del AASHTO 93 los espesores resultantes por tramo (Carpeta Asfáltica: 7.5 - 10 cm, Base granular: 20 – 35 cm y Sub Base granular: 35 – 40 cm con empleo de geotextil no tejido y geomalla biaxial) en unas condiciones de suelo como arenas, arcillas y limos, en un periodo de 10 años, cumple con el criterio general, pero no la protección por capas, por lo que describen que es necesario aumentar los espesores de la carpeta asfáltica, disminuir o aumentar los espesores de la base y subbase según corresponda; de igual forma al verificar los espesores obtenidos por el método INVIAS mediante el método del instituto del asfalto, se evidenció que los mismos no cumplen con el criterio de falla por fisuramiento, por lo tanto, fue necesario aumentar la carpeta asfáltica y disminuir granulares, lo que permitió optimizar los espesores obtenidos bajo los otros métodos. La estructura que recomendaron los autores es la elaborada por el método del Instituto del Asfalto (Carpeta Asfáltica: 11 - 14 cm, Capas granulares: 17 – 20 cm y de 72 – 78 cm con empleo de geotextil no tejido, geomalla biaxial.), esto se debe al cumplimiento de los parámetros de fatiga de la subrasante y carpeta asfáltica.

Irigoin Tipo de investigación cuasi experimental (Comparación entre los métodos AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para optimizar el diseño del pavimento flexible en el A.H. San Lorenzo – José Leonardo Ortiz – Chiclayo – Perú, 2018) en la ejecución de su tesis tuvo como objetivo general realizar un estudio comparativo entre los Métodos AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para optimizar el diseño de pavimento flexible en el sector estudiado; además, de poner determinar los espesores, costos y durabilidad con ambos métodos para

así optimizar el diseño del pavimento flexible en el A.H. San Lorenzo. Los resultados obtenidos con el método AASHTO 93, con Periodo de diseño de 10 años, ESAL de diseño 866347.8 y usando un valor de CBR menor de 6% (Según MTC 2014, subrasante pobre o inadecuada) fue necesario el mejoramiento de la subrasante mediante el empleo de una capa de over de 20 cm (8”), y adicionalmente una capa anticontaminante de arenilla de 10 cm (4”), que finalmente sobre esta capa obtuvo los siguientes espesores: Carpeta Asfáltica: 10 cm (4”), Base: 15 cm (6”), Subbase: 15 cm (6”). En lo que respecta al diseño con el método del Instituto del Asfalto (Instituto del Asfalto MS-1 1991), con Periodo de diseño de 10 años, EAL de diseño de 1'190,916.60, y CBR diseño de subrasante 6.89%, empleando las cartas de dimensionamiento, obtuvo 4 alternativas, que mediante criterio de funcionalidad, durabilidad y economía la alternativa elegida con los espesores resultantes fue: Carpeta Asfáltica: 15 cm (6”), Base: 15 cm (6”), Subbase: 15 cm (6”), y además por ser un suelo con $CBR \geq 6\%$ y recomendado por el MTC utilizó una capa anticontaminante de arenilla de 10 cm (4”) sobre la subrasante. El autor al obtener resultados parecidos, en donde la diferencia significativa está en el espesor de la carpeta asfáltica, por lo que haciendo un análisis técnico de durabilidad recomienda utilizar ambos métodos; sin embargo, a nivel económico recomienda utilizar el método del AASHTO 93 para el diseño de pavimento flexible en la zona de estudio.

2.2. BASE TEORICA

2.2.1. Pavimento

Un pavimento es una estructura compuesta por una o por varias capas de material seleccionado, cuya finalidad es recibir en forma directa las cargas del tránsito y transmitirla a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento adecuada y permitiendo el tránsito cómodo de vehículos.

Las características que debe cumplir un pavimento, son “proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito” (Rico & Del Castillo, 1977, pág. 99). Además, debe poseer adecuado diseño geométrico tanto horizontal como vertical, resistencia adecuada a las cargas a fin de evitar las fallas y agrietamientos, manteniendo una adecuada adherencia entre los neumáticos de los vehículos y la carpeta asfáltica del pavimento, aun en condiciones húmedas, garantizando adecuada visibilidad a fin de evitar fatigas al conductor. Es decir, debe presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua.

Como los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las terracerías además de que son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos. Por lo que la

división en capas que se realiza en un pavimento se debe a un factor económico, ya que cuando se determina el espesor de una capa, el objetivo es hallar el grosor mínimo, pero garantizando la reducción de los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia o buen desempeño de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, sino del proceso constructivo empleado; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, es decir que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes de toda la estructura.

2.2.2. Clasificación

“Para clasificar los pavimentos existen diferentes criterios y puntos de vista; por lo que en la actualidad es muy difícil obtener una clasificación unificada” (Céspedes, 2002, pág. 31). Entonces, para efectos de esta investigación, solo se clasificará por como transmiten las cargas a la Subrasante, como sigue a continuación, según Céspedes:

2.2.2.1. Pavimentos Flexibles

La estructura está formada por una o más capas de materiales sobre la subrasante, disponiéndose de una capa de mezcla o concreto asfáltico, colocada sobre la base y subbase, capas granulares de alta y buena calidad respectivamente.

2.2.2.2. Pavimentos Rígidos

Constituidos por losas de concreto de cemento Portland, siendo la losa la que absorbe los esfuerzos transmitidos por las cargas, muchas veces solo es necesario un terreno uniforme que reúna requisitos de una subrasante (Céspedes, 2002).

2.2.2.3. Pavimentos Mixtos

Son estructuras que resultan de la combinación de los dos anteriores. Se puede emplearlos tanto horizontal como verticalmente. Se ejecutan como resultados de estudios para rehabilitar y reconstruir pavimentos existentes, donde se necesita refuerzo tanto de pavimentos flexibles como rígidos. También se construyen estos pavimentos cuando por razones de resistencia se trata de conseguir una estructura especial (Céspedes, 2002, pág. 33).

2.2.3. Pavimentos Flexibles

Este tipo de pavimento se caracteriza por estar conformado en la superficie por una capa de material bituminoso o mezcla asfáltica que se apoya generalmente sobre dos capas no rígidas de material granular, la base y subbase (Montejo, 2002). Las capas generalmente van disminuyendo la calidad de los materiales conforme se acercan más a la subrasante, debido a que los esfuerzos producidos por el tránsito van disminuyendo con la profundidad y también por disminución de costos. (Huang, 2004).

2.2.3.1. Características

Las características fundamentales que debe cumplir un pavimento flexible, según Rico & Del Castillo (1977, págs. 102-106) son:

2.2.3.1.1. Resistencia Estructural

Como primera condición, el pavimento debe ser capaz de soportar las cargas impuestas por el tránsito, presentando un nivel de deterioro aceptable y paulatino dentro del periodo de diseño previsto del proyecto.

Desde el punto de vista estructural, la principal causa de falla son los esfuerzos cortantes. Se sabe que se producen otros esfuerzos debido a la aceleración y frenado de los vehículos, además de esfuerzos de tensión en los niveles superiores de la estructura, a cierta distancia del área cargada, al deformarse esta verticalmente. Además, se presenta la fatiga del pavimento, porque a largo plazo afecta a la resistencia de las capas de relativa rigidez, evidenciándose los daños en las carpetas y bases estabilizadas. Además, la repetición de cargas causa la rotura de los granos del material granular modificando la resistencia de estas capas.

2.2.3.1.2. Deformidad

La deformación de los pavimentos, a causa de la naturaleza de los materiales que constituyen las capas que lo conforman, suele darse más hacia la subrasante; por lo que es importante controlar la deformación de estas capas inferiores, y evitar deformaciones excesivas que puedan provocar fallas con riesgo de colapso; sin embargo las deformaciones lentas pero permanentes, aunque el nivel de daño no conduzca a un colapso estructural, el pavimento deja de cumplir sus funciones para lo que fue construido. En resumen, se presentan deformaciones elásticas, que son de recuperación instantánea cuando se le retira la carga actuante, y plásticas, cuando luego de cesar las cargas, esta presenta deformación permanente.

2.2.3.1.3. Durabilidad

Definir u obtener la durabilidad deseable de un pavimento es complejo, debido a una serie de factores directos como tránsito,

clima, calidad de los materiales, etc., e indirectos como sociales y económicos. En síntesis, lo que la ingeniería busca es que el pavimento de una carretera logre alcanzar el periodo de diseño para lo cual fue diseñado en condiciones aceptables de transitabilidad, no solo evitando gastos en rehabilitación o reconstrucción, sino también las molestias ocasionadas en los usuarios de la vía.

2.2.3.1.4. Costo

La puesta en operación de un pavimento, representa un balance entre la satisfacción de requisitos de resistencia y estabilidad por lado y el costo por otro. Por tal motivo un diseño correcto será el que logre los requerimientos de servicio a un costo mínimo, considerando tanto la construcción inicial y el mantenimiento al que será sometida.

2.2.3.1.5. Requerimiento de la Conservación

Existen muchas variables que influyen en la conservación, tales como climáticos, la intensidad y tipo del tránsito tanto inicial como futuro, y como factor importante se tiene a las condiciones de drenaje y subdrenaje, haciendo que el pavimento no alcance el periodo de diseño.

2.2.3.1.6. Comodidad

Es una característica de gran importancia, especialmente en grandes autopistas o carreteras de primer orden, porque el usuario requiere transitar a la velocidad del proyecto con comodidad; pero eso no excluye a que carreteras de menor importancia u orden no se tome en cuenta este aspecto, sino que las especificaciones serán menores.

Además, no se debe desestimar a las deformaciones longitudinales, pues constituyen un factor de incomodidad considerable.

2.2.3.2. Estructura

La estructura o capas que constituyen un pavimento flexible típico, según Montejo (2002, págs. 4-5) son:

2.2.3.2.1. Carpeta Asfáltica

Es la capa superficial de la estructura, y cumple tres funciones principales, servir como superficie de rodamiento uniforme y estable para permitir el tránsito, impermeabilizar la estructura para evitar la percolación del agua al interior del pavimento y ser resistente a los esfuerzos producidos por las cargas vehiculares.

2.1.3.2.1. Base Granular

La función principal es proporcionar una capa resistente, que sirva como apoyo a la carpeta asfáltica, que transmita los esfuerzos producidos por el tránsito a las capas inferiores en una intensidad adecuada.

2.1.3.2.2. Sub Base

Presenta como característica ser una capa económica, permitiendo reemplazar un espesor determinado del pavimento por una de menor calidad; pero depende de la disponibilidad de los materiales y de la calidad de estos, se podrá optar por estructuras con solamente base o base y subbase, teniéndose en cuenta que posiblemente el espesor total sea mayor, pero más económica que solo con base. También funciona como capa de transición, pues si se encuentra bien diseñada, impide la mezcla o contaminación de la base con la

subrasante. Además, que, ante cambios volumétricos por presencia de agua o temperatura de la subrasante, se pueden absorber por esta capa, evitando que se vean reflejadas en las capas superiores, cumpliendo de esta manera la función de disminuir las deformaciones.

En lo que respecta a la resistencia cumple iguales funciones que la capa superior de distribuir y transmitir los esfuerzo a la subrasante. Finalmente favorece el drenaje del agua que se logre infiltrar y evitar la ascensión capilar a la base.

2.2.3.3. Deterioro

Un problema recurrente en los pavimentos flexibles son los deterioros, debido a que dicha estructura es una de las partes de la carretera que requiere la mayor inversión de recursos económicos, tanto en su etapa de construcción como en su etapa de mantenimiento. Además, el estado del pavimento influye directamente en la mayoría de los costos usuario de la carretera, aumentándolos cuando su estado no es óptimo, debido principalmente a los aumentos en tiempos de viaje, consumo de combustible y deterioro de los vehículos de transportes, entre muchos otros costos involucrados. Además, debido a las características funcionales y estructurales entregadas, hoy en día, los pavimentos asfálticos son los más utilizados en la construcción de las redes de carreteras de los diferentes países. (Valdéz, Pérez y Calabi, 2012, p.28).

“La calidad, naturaleza, espesor y composición por seleccionarse para una estructura de pavimentos dependen del volumen y tipo de tráfico, del costo y disponibilidad de materiales, de las condiciones climáticas y

de cimentación, y de que el pavimento se vaya a construir en etapas por un periodo de varios años” (Merritt, 1987, cap.16 p.39)

Los problemas o defectos que presentan los pavimentos, frecuentemente corresponden a deficiencias en su diseño o defectos constructivos, y que difícilmente pueden clasificarse como deterioros, ocasionando incomodidad en los usuarios de la vía y la disminución de la vida de servicio de esa estructura. Sin embargo, atendiendo al hecho de que habrán de ser corregidos mediante labores de mantenimiento o conservación, se han incluido como deterioros. Adicionalmente puede cuestionarse que tales defectos pueden sufrir un deterioro gradual con el paso de los vehículos y convertirse así en verdaderos deterioros del pavimento.

Los deterioros de pavimentos más frecuentes e importantes se han agrupado en tres grandes categorías; Deterioro de superficie, de estructura y los causados por deficiencias en la construcción. (Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica, 2002, p.2).

Es sabido que las fallas por agrietamiento de las capas asfálticas son por deficiencias en la estructura del pavimento, causados por malos diseños, defectos de construcción, o combinación de estos factores como generalmente ocurre según evaluaciones realizadas anteriormente. (Ingenieros Consultores Centroamericanos S.A., 2014, p.3).

Los principales agentes solicitantes de los pavimentos son las cargas generadas por el tránsito y las condiciones ambientales a las que está

expuesto el pavimento durante su vida útil. (Valdéz, Pérez y Calabi, 2012, p.29).

Se debe tomar en cuenta que en los tramos de prueba del AASHO en Illinois, fue de 0.48 MPa (70 psi); sin embargo, hoy se usan vehículos pesados con presiones de inflado por encima de 0.69 MPa (100 psi). (Ingenieros Consultores Centroamericanos S.A., 2014, p.10).

La superficie de la carpeta asfáltica que se va endureciendo, es decir que sufre un incremento de la viscosidad del asfalto a lo largo de su vida útil, se agrieta por los esfuerzos inducidos por el tráfico o el gradiente térmico de la zona existente en climas tropicales, cálido muy secos o desérticos, debido a la susceptibilidad térmica propia del asfalto. (Ingenieros Consultores Centroamericanos S.A., 2014, pp.8-10).

Para profundizar, la susceptibilidad térmica se define como el cambio de la consistencia, medida generalmente por la viscosidad, con un cambio de la temperatura. En el caso del asfalto viene a ser la variación de sus propiedades al ser sometido a determinadas temperaturas. Si un cemento asfáltico registra una viscosidad muy baja (muy fluido) a las altas temperaturas de servicio, se pueden generar ahuellamientos. Si, por el contrario, el cemento asfáltico presenta altas viscosidades (muy viscosos) a bajas temperaturas de servicio, habrá fisuramientos. Lo anterior va unido a los cambios en el sistema coloidal que pudieron presentarse durante la elaboración de la mezcla en planta. (Huamán, 2011, p.21)

Por otra parte, las solicitudes medioambientales tienen también una gran influencia en el comportamiento mecánico del pavimento. Principalmente, dos son los efectos que afectan las características del pavimento, la temperatura y la humedad. La temperatura influye de manera directa en la rigidez del pavimento, ya que a medida que aumenta la temperatura, la capa superior del pavimento se vuelve menos rígida y cuando disminuye se incrementa la rigidez de esta capa. A su vez, la temperatura también afecta a los estados tensionales del pavimento, puesto que cuando bajan las temperaturas se generan altas tensiones superficiales de retracción en la superficie del pavimento. (Valdéz, Pérez y Calabi, 2012, p.30). Por otro lado, se encuentra la humedad, la cual tiene una gran influencia en la adhesividad entre los materiales componentes de las capas asfálticas, junto con ser el origen de los posibles fallos en la estructura de pavimento producto de la infiltración de agua en sus capas inferiores. Es importante saber que, a su vez existe, un efecto combinado entre la temperatura, la radiación solar, la humedad y el aire que produce una oxidación del ligante de la mezcla asfáltica a través del tiempo, que implica un aumento de rigidez de la mezcla y, por ende, un aumento de fragilidad de ésta, haciéndola más susceptible a fallos por fisuración.

Las mezclas asfálticas pueden tener un comportamiento elástico lineal, elástico no lineal o viscoso en función de la temperatura y el tiempo de aplicación de la carga. A bajas temperaturas el comportamiento es fundamentalmente elástico lineal, y al aumentar la temperatura se empieza a comportar como un material elástico no lineal, apareciendo

el comportamiento viscoso a medida que la temperatura continúa aumentando. (Huamán, 2011, p.15)

Se entiende entonces que, la durabilidad de los pavimentos asfálticos está relacionada directamente con el clima del lugar de ubicación de estos, además de otros parámetros como carga, suelo, humedad, proceso constructivo, entre otros; los que en su conjunto influyen para un determinado comportamiento del pavimento que traerá como consecuencia fallas prematuras por deformación permanente si se descuidan estas consideraciones de diseño. (Huamán, 2011, p.4).

Se ha determinado que un aumento en el número de repeticiones de carga establece una disminución en la resistencia de los pavimentos a la generación de deformaciones plásticas, es decir, cuando se incrementa el número de repeticiones de carga, el pavimento es más susceptible a sufrir este tipo de deterioro. Es importante adicionar que, los esfuerzos horizontales de aceleración y frenado o en curvas de pequeño radio, que se pueden producir en zonas localizadas, influyen también en el estado de esfuerzos y deformaciones del pavimento. (Huamán, 2011, pp.119-122)

Se debe tener presente que por la variada geografía que presenta el territorio peruano, existen altas temperaturas en diversas zonas como son en la selva alta y baja; así como en la franja costera de aproximadamente 3,000 km. a lo largo del Océano Pacífico, especialmente en la estación del verano, alcanzando temperaturas que inclusive alcanzan los 40°C bajo sombra. Estas altas temperaturas

originan por lo tanto que las carpetas asfálticas sean sometidas a temperaturas muy altas, haciéndolas proclives a la falla por deformación permanente, como consecuencia de la susceptibilidad térmica que por constitución química está presente en el asfalto. (Huamán, 2011, p.128)

Hay que considerar que la deformación permanente por fallas en la subrasante, o en las capas de base o sub base bajo la capa de asfalto pueden originarse por una incorrecta selección de materiales. Sin embargo, si bien es cierto que materiales “duros” de mejor calidad pueden reducir parcialmente esta causa de deformación permanente, esta situación es considerada un problema estructural del pavimento como conjunto más que de los materiales individuales. Esencialmente, el pavimento no tiene la capacidad estructural para soportar las cargas aplicadas; debido a la presencia de las capas débiles en la estructura del pavimento. Es por eso que debe cuidarse de un correcto diseño de la estructura del pavimento estudiando cuidadosamente las cargas, suelos de fundación y de subrasante, clima, entre otros parámetros. (Huamán, 2011, p.129).

A modo de resumen, los pavimentos flexibles deben su periodo de vida útil a diversos factores tales como el diseño, volumen de tránsito y cargas. Un buen diseño permite un adecuado funcionamiento del pavimento durante el periodo de vida predeterminado. Sin embargo, existen una serie de razones por las cuales no se llega a cumplir con el período de diseño, entre ellas tenemos: defectos en la construcción, diseño deficiente, volumen mayor de tránsito, mal funcionamiento del drenaje, deficiencia en el mantenimiento del pavimento, etc. generando

que el pavimento falle y se presenten distintas anomalías empeorando el estado de la vía.

2.1.3.3. Método de Diseño

Los métodos de diseño de pavimento flexible se pueden clasificar en cinco categorías según Huang (2004, págs. 1-5):

2.1.3.3.1. Métodos Empíricos

El método se caracteriza por estar basados en la obtención de datos de ensayos o pruebas de campo a lo largo de muchos años, para algunos casos, de donde se obtienen ecuaciones o correlaciones. Sin embargo, su desventaja está que solo pueden aplicarse en zonas donde se den las mismas condiciones ya sea climáticas, de materiales y de tránsito que las de los ensayos originales. Los resultados no pueden ser empleados o extrapolados directamente, sino que se tendrían que hacer algunas correlaciones.

2.1.3.3.2. Métodos para limitar la Falla por Corte

Consisten en evitar que la falla por corte del pavimento ocurra. Para esto se deben tener en cuenta las propiedades de cohesión y el ángulo interno de fricción del suelo de las diferentes capas del pavimento y de la subrasante.

Este método no es muy utilizado actualmente, pues con el incremento del volumen del tráfico y la mayor velocidad que alcanzan los vehículos, se hace necesario brindar comodidad a los usuarios y no solo prevenir la falla por corte de los pavimentos.

2.1.3.3.3. Métodos para limitar las Deformaciones

En este método se diseña el pavimento con un espesor que impida que se exceda el límite permisible de deflexiones verticales.

La ventaja de utilizar deflexiones como criterio principal, es porque se pueden medir directamente en campo. Sin embargo, se sabe que gran cantidad de pavimentos fallan por esfuerzos y tensiones mayores a los permisible y muy pocos por exceder las deflexiones.

2.1.3.3.4. Métodos de Regresión basados en el desempeño de los Pavimentos o en las pruebas de la Carreteras

Se caracterizan por utilizar ecuaciones de regresión basadas en los resultados en pruebas obtenidos de caminos existentes. No obstante, al igual que el método empírico presenta la misma desventaja, que dichas ecuaciones sólo corresponden o fueron obtenidas en las condiciones del lugar de la vía.

2.1.3.3.5. Métodos Mecanístico – Empíricos

Estos métodos permiten determinar la respuesta de la estructura del pavimento, como esfuerzo, deformaciones y deflexiones, tomando como punto de partida una adecuada caracterización de las propiedades de los materiales, así como la de las variables climáticas, las cargas impuestas por el tráfico, relacionados con una adecuada metodología de análisis.

Al utilizar estos métodos se ha podido incrementar la confiabilidad del diseño y predecir el desempeño que alcanzara durante el periodo de vida útil, es decir saber el tipo de desgaste o deterioro que podría presentar el pavimento. Es importante mencionar que, al contrario de

los métodos antes mencionados, se puede extrapolar, mediante la calibración de funciones de transferencia, partir de los datos de ciertas zonas o condiciones en que fueron desarrolladas, para ser aplicadas a zonas con distintas condiciones.

2.2. Generalidades Mecanístico en Pavimentos

En la realidad nacional, los métodos de diseño de pavimentos usados son los empíricos, donde solo interesa obtener el espesor del pavimento, siendo respaldado por las propiedades físicas de los materiales y un factor de resistencia, como el valor de CBR (California Bearing Ratio). El empleo del módulo de Resiliencia, que es un concepto Mecanístico, se ha encontrado por correlación con el valor de CBR, con los métodos empíricos como es el caso del método AASHTO 93, teniéndose la incertidumbre de que las condiciones en las que se ha realizado el tramo de prueba, no son las mismas que las de nuestro país, debido a esto se hace necesario la introducción de factores de seguridad, para poder brindar la confiabilidad necesaria.

2.2.3. Enfoque de las Metodologías Mecanísticas-Empíricas

Las metodologías mecanísticas buscan tener un enfoque puramente científico, con el fin de alcanzar un análisis completo de la mecánica del comportamiento de un pavimento ante las acciones del clima y el tránsito vehicular, conociendo las propiedades mecánicas de los materiales en campo o en laboratorio, para poder tener una correcta predicción del desempeño del pavimento, es decir la evolución que se tiene en el tiempo en cuanto a los deterioros que se presentaran, por lo que se aumenta la confiabilidad de los diseños, con respecto a metodologías empíricas (Garnica & Correa, 2004).

2.2.4. Ventajas y Características del Método Mecanístico-Empírico

Adecuada evaluación de las consecuencias en el desempeño del pavimento, productos de nuevas condiciones de carga.

Mejor uso de los materiales disponibles, como consecuencia de mejor comprensión de sus características.

Los efectos estacionales y/o climáticos, pueden ser incluidas en la estimación del desempeño.

A nivel de diseño, aumenta la confiabilidad, pues permite predecir modos de falla específicos, evaluar de mejor manera la consecuencia de nuevos niveles y condiciones de carga, minimizar fallas prematuras.

Adaptabilidad de los diseños, pues permite variaciones climáticas, propiedades de materiales y de tránsito, pues permite analizarlo en diferentes condiciones

Mejor comprensión y caracterización de pavimentos existentes, a fin de poder mejorar los diseños para rehabilitación. (Leiva, 2002)

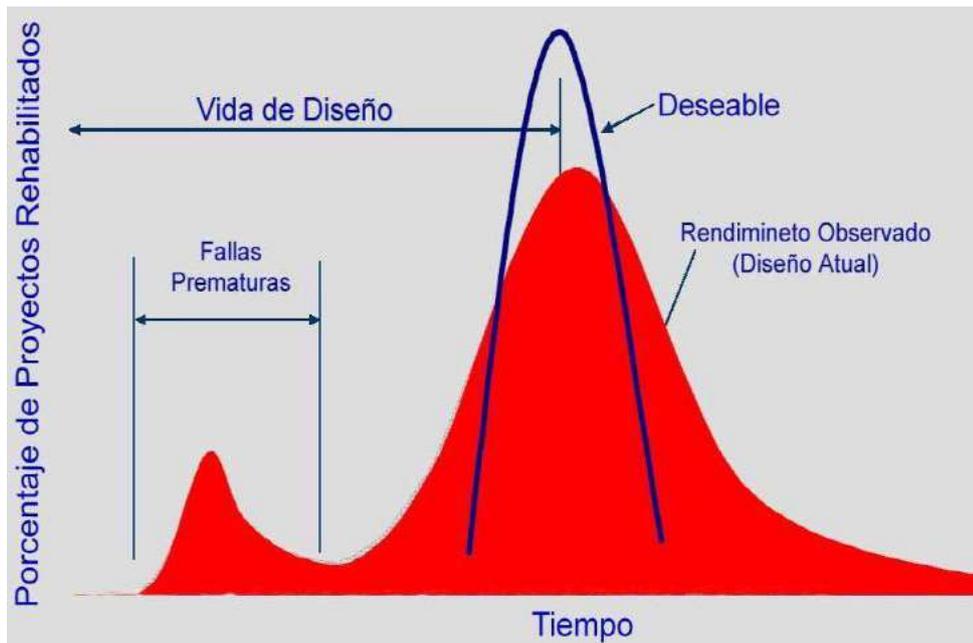


Figura 2.2.1. Gráfica de predicción de desempeño

Fuente: Part 1 – Introduction to 2002 Design Guide, Background.

2.2.5. Descripción General de las Metodologías Mecánicas – Empíricas

Estos métodos pronostican el desempeño de una estructura de pavimento con base a principios Mecánico – empíricos con los cuales se calcula la respuesta de dicha estructura (esfuerzos, deformaciones y deflexiones) frente a las diferentes variables que pueden afectarla, teniendo en cuenta la experiencia que se obtuvo en las vías de diseño y pruebas de la AASHTO, se determina empíricamente el deterioro que las mencionadas respuestas causan en el pavimento. (American Association Of State Highway And Transportation Officials AASHTO, 2008)



Figura 2.2.2. Esquema funcionamiento método mecánico – empírico

Fuente: XVII Cila Aplicabilidad del Método Mecánico-Empírico de Diseño de Pavimentos (MEPDG) AASHTO 2008 en Latinoamérica

En cuanto a la práctica actual se está llevando a cabo con metodologías empíricas, pero la tendencia mundial es hacia metodologías empírico-mecanicistas, entre las cuales podemos mencionar el método de la AASHTO MEPDG (Mechanistic Empirical Pavement Design Guide), el método Shell, entre otros.



Figura 2.2.3. Estado de transición de metodologías empíricas a mecanicistas.

Fuente: Conceptos Mecanicistas de Pavimentos, PT258, Paul Garnica Anguas, Angel Correa

2.2.5.2. Modelo Estructural del Pavimento

Para los métodos mecanicistas-empíricos es importante definir la estructura del pavimento, es decir tipo, número y espesor de capas que la conforman, teniendo toda la información que se requiere para el ingreso de variables de entrada.

2.2.5.3. Componentes del Diseño Mecanístico-Empírico

2.2.5.3.1. Variables de Entrada

La selección del diseño inicial consiste en una primera estimación de valores, es decir un diseño de prueba, para los parámetros de entrada, los cuales son enumerados a continuación.

1) Geometría de la estructura

Los espesores de cada capa (base, sub-base, carpeta)

2) Propiedades mecánicas de los materiales

Consisten en la introducción de módulos elásticos para cada una de esas capas, que serán módulos dinámicos o resilientes.

3) Tipo de clima del medio físico

Definido por precipitación y temperatura, en el medio que atravesará la carretera.

4) Nivel de tránsito vehicular

Definido ya sea en ejes equivalentes, o preferentemente a través de su correspondiente espectro de distribución de cargas.

2.2.5.3.2. Cálculos de Respuestas Estructurales

Después de tener el diseño inicial se procede al cálculo de las respuestas estructurales del pavimento. Lo cual consiste en conocer la distribución de esfuerzos (σ), deformaciones unitarias (ϵ), y deflexiones (δ). El cálculo se realiza básicamente considerando al pavimento como un medio multicapas en donde el comportamiento de los materiales se basa en la teoría de la elasticidad. Para esto se cuenta con programas diseñados para dicho fin entre los que podemos mencionar, Elsyim 5 y 3DMove. (García, Gutierrez, & Hernandez, 2014).

2.2.6. Análisis Mecánico de Pavimentos Asfálticos

Las respuestas estructurales (esfuerzos, deformaciones y deflexiones) en la sección estructural de un pavimento flexible, se considera una serie de puntos críticos a fin de calcular los valores más desfavorables. La práctica más común consiste en fijar un punto para estimar el agrietamiento por fatiga de la mezcla asfáltica en el contacto con la capa de base, y otro punto crítico para el cálculo de deformaciones permanentes situado en la parte superior de las terracerías o terreno de cimentación.

El cálculo se realiza a través de la teoría de Burmister para medios elásticos estratificados, en donde el material se caracteriza por su módulo de elasticidad y por la relación de Poisson. Para la mezcla asfáltica, el módulo que se debe emplear es el dinámico, y para suelos y materiales granulares, el módulo resiliente (García, Gutierrez, & Hernandez, 2014).

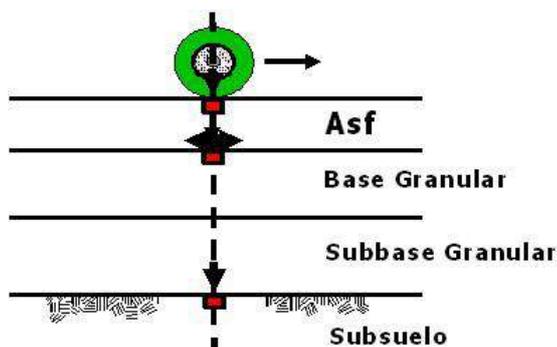


Figura 2.2.4. Puntos críticos, pavimento de asfalto convencional

Fuente: *Conceptos Mecanicistas de Pavimentos, PT258, Paul Garnica Anguas, Angel Correa*

2.2.6.2. Modelos de Desempeño

Para pavimentos flexibles, los modelos de desempeño consideran:

2.2.6.2.1. Agrietamiento

El agrietamiento o fisuramiento puede tener distintos orígenes, el más considerado es el generado por la aplicación de cargas repetidas, que induce la fatiga del material de la carpeta asfáltica (Garnica & Correa, 2004).

Estos pueden ser fisuramiento longitudinal, que es una falla por fatiga debido a cargas de tránsito donde las fisuras aparecen usualmente en las huellas del neumático. Fisuramiento de Piel de Cocodrilo, también falla por fatiga que se manifiesta superficialmente en las huellas del neumático para luego extenderse a lo ancho del carril de tránsito. Para ambos tipos de falla, las cargas repetitivas son inducidas principalmente por el tráfico vehicular, donde las fisuras evolucionan de abajo hacia arriba (Propagación ascendente). Otra falla es el fisuramiento transversal, que ocurre en el pavimento por bajas temperaturas o por cambios bruscos en el gradiente térmico, y se manifiesta en forma transversal en el carril de tráfico, donde las

fisuras se dan de la carpeta asfáltica hacia las capas inferiores (Propagación descendente).

Las propiedades de fatiga de la mezcla asfáltica se determinan a partir de ensayos, de flexión, o de tensión indirecta en mezclas asfálticas. (Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG), 2011)

2.2.6.2.2. Deformación Permanente

En los pavimentos asfálticos se presentan los deterioros inducidos por las deformaciones permanentes, que se manifiestan en superficie a través de la formación de roderas, llamados también ahuellamiento. Las deformaciones permanentes se originan por la compresión y consolidación del material ante la acción de los esfuerzos normales y cortantes, transmitidos por el flujo vehicular. Por ello, los ensayos asociados involucran especímenes sometidos a condiciones triaxiales, o cortantes (García, Gutierrez, & Hernandez, 2014).

2.2.6.2.3. Índice de Rugosidad Internacional (iri)

Este índice representa la regularidad en el perfil longitudinal del pavimento. Usualmente el IRI se mide en las huellas del neumático y es vinculado con la calidad de manejo y el grado de comodidad del usuario al transitar por la vía.

Es importante mencionar que el IRI inicial es un factor esencial, ya que un mejor valor de IRI, garantiza un mejor desempeño del pavimento, para establecer el modelo de regularidad se considera el cambio del IRI en el tiempo, donde el cambio en el valor de IRI es influenciado por el fisuramiento longitudinal, fisuramiento transversal,

fisuramiento tipo piel de cocodrilo, y ahuellamiento (Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG), 2011).

2.3. VARIABLES O FACTORES PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS

2.3.3. Factor de Tiempo

El factor tiempo considera al periodo de diseño como uno de sus factores que condicionará al diseño de pavimento flexible. El Periodo de diseño es el tiempo, normalmente expresado en años, transcurrido entre la construcción (denominada año cero) y el momento de la rehabilitación del pavimento. También es la vida teórica del pavimento antes que requiera una rehabilitación mayor o una reconstrucción. No presenta necesariamente la vida real del pavimento, la cual puede ser de lejos mayor que la de diseño, o más corta debido a incrementos no previstos en el tráfico. (RNE, 2019, pág. 79)

2.3.4. Estructura del Pavimento

El pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general, está conformada por las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura. (MTC, 2014)

2.3.4.2. Capa de Rodadura

Es la parte superior de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito. (MTC, 2014)

2.3.4.3. Capa Base

Es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante (CBR ~ 80%) o será tratada con asfalto, cal o cemento. (MTC, 2014)

2.3.4.4. Capa Subbase

Es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta. Además, se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse. Esta capa puede ser de material granular (CBR ~ 40%) o tratada con asfalto, cal o cemento. (MTC, 2014)

2.3.5. Tráfico Vial

2.3.5.2. Conocimiento de la Demanda para Estudios

La demanda del tráfico es un aspecto esencial que el Ingeniero necesita conocer con relativa y suficiente precisión, para planificar y diseñar con éxito muchos aspectos de la vialidad, entre ellos el diseño del pavimento y el de la plataforma del camino. (MTC, 2014)

En lo que corresponde a la Sección de Suelos y Pavimentos de este manual, la necesidad de información del tráfico se define desde dos puntos de vista: el diseño estructural del pavimento y el de la capacidad de los tramos viales para conocer hasta que límites de volúmenes de tráfico puede estimarse crecerá la demanda que afectará a la estructura

vial durante el periodo del análisis vial adoptado para un estudio. (MTC, 2014)

El estudio de tráfico deberá proporcionar la información del índice medio diario anual (IMDA) para cada tramo vial materia de un estudio. (MTC, 2014)

2.3.5.3. Factor Direccional y Factor Carril

El factor de distribución direccional expresado como una relación, que corresponde al número de vehículos pesados que circulan en una dirección o sentido de tráfico, normalmente corresponde a la mitad del total de tránsito circulante en ambas direcciones, pero en algunos casos puede ser mayor en una dirección que en otra, el que se definirá según el conteo de tráfico. El factor de distribución carril expresado como una relación, que corresponde al carril que recibe el mayor número de EE, donde el tránsito por dirección mayormente se canaliza por ese carril. El tráfico para el carril de diseño del pavimento tendrá en cuenta el número de direcciones o sentidos y el número de carriles por calzada de carretera, según el porcentaje o factor ponderado aplicado al IMD (MTC, 2014)

Tabla 2.3.1.

Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño

Número de calzadas	Números de sentidos	Numero de carriles por sentido	Factor Direccional (FD)	Factor Carril (FC)	Factor Ponderado Fc x Fd para el carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentidos	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentidos	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentidos	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentidos	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
2 Calzadas con separador central (para IMDa total de las 2 calzada)	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos (Cuadro 6.1).

2.3.5.4. Cálculo de Tasas de Crecimiento y Proyección

Se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula de progresión geométrica por separado para el componente del tránsito de vehículos de pasajeros y para el componente del tránsito de vehículos de carga.

$$T_n = T_o(1 + r)^{n-1}$$

En la que:

T_n = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día

T_o = Tránsito actual (año base 0) en veh/día

n = Número de años del período de diseño

r = Tasa anual de crecimiento del tránsito.

La tasa anual de crecimiento del tránsito se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico. Normalmente se asocia la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de pasajeros con la tasa anual de crecimiento poblacional; y la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de carga con la tasa anual del crecimiento de la economía expresada como el Producto Bruto Interno (PBI). Normalmente las tasas de crecimiento del tráfico varían entre 2% y 6%.

Estas tasas pueden variar sustancialmente si existieran proyectos de desarrollo específicos, por implementarse con certeza a corto plazo en la zona del camino.

La proyección de la demanda puede también dividirse en dos componentes. Una proyección para vehículos de pasajeros que crecerá aproximadamente al ritmo de la tasa anual de crecimiento de la población y una proyección de la demanda de vehículos de carga que crecerá aproximadamente con la tasa de crecimiento de la economía. Ambos índices de crecimiento correspondientes a la Región, que normalmente cuenta con datos estadísticos de estas tendencias.

El siguiente cuadro proporciona el criterio para seleccionar el Factor de Crecimiento Acumulado (Fea) para el periodo de diseño, considerando la tasa anual de crecimiento (r) y el periodo de análisis en años. (MTC, 2014)

Tabla 2.3.2.

Factores de Crecimiento Acumulado (Fea) para el Cálculo de Número de Repeticiones de EE

Periodo de Análisis (años)	Factor sin crecimiento	Tasa anual de crecimiento (r)							
		2	3	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.00	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.00	3.06	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3,31
4	4.00	4.12	4.18	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.00	5.20	5.19	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.00	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.00	7.43	7.66	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.00	8.58	8.89	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.00	9.75	10.16	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.00	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.00	12.17	12.81	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.00	13.41	14.19	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.00	14.68	15.62	16.03	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.00	15.97	17.09	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.00	17.29	18.60	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.00	18.64	20.16	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.00	20.01	21.76	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.00	21.41	23.41	25.65	28.13	20.91	34.00	37.45	45.60
19	19.00	22.84	25.12	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.00	24.30	26.97	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos (Cuadro 6.2).

2.3.5.5. Numero de Repeticiones de Ejes Equivalentes

Para el diseño de pavimento, la demanda que corresponde al tráfico pesado de ómnibus y de camiones es la que preponderantemente tiene importancia. El efecto del tránsito se mide en la unidad definida, por AASHTO, como Ejes Equivalentes (EE) acumulados durante el periodo de diseño tomado en el análisis. AASHTO definió como un EE, al efecto de deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargado con 8.2 tn de peso, con neumáticos a la presión de 80 lbs/pulg². Los Ejes Equivalentes (EE) son factores de equivalencia que representan el factor destructivo de las distintas cargas, por tipo de eje que conforman cada tipo de vehículo pesado, sobre la estructura del pavimento. (MTC, 2014).

Tabla 2.3.3.

Configuración de Ejes Equivalentes

Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	Nº de Neumatico	Grafico
EJE SIMPLE (Con rueda simple)	1 RS	2	
EJE SIMPLE (Con rueda doble)	1 RD	4	
EJE TANDEM (1 Eje rueda simple + Eje rueda doble)	1RS + 1RD	6	
EJE TANDEM (2 eje Rueda doble)	2 RD	8	
EJE TRIDEM (1 rueda simple + 2 ejes rueda doble)	1RS + 2RD	10	
EJE TRIDEM (3 Ejes rueda doble)	3 RD	12	

Nota:

RS: Rueda simple

RD: Rueda doble

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos (Figura 6.1).

Para el cálculo de los EE, se utilizarán las siguientes relaciones simplificadas, que resultaron de correlacionar los valores de las Tablas del apéndice D de la Guía AASHTO 1993, para las diferentes configuraciones de ejes de vehículos Pesados (buses y camiones) y tipo de pavimento:

Tabla 2.3.4.

Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos

TIPO DE EJE	EJE EQUIVALENTE (EE _{8.2tn})
Eje simple de ruedas simples (EE _{s1})	$EE_{s1} = \{P/6.6\}^{4.0}$
Eje simple de ruedas dobles (EE _{s2})	$EE_{s2} = \{P/8.2\}^{4.0}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple)(EE _{TA1})	$EETA_1 = \{P/14.8\}^{4.0}$
Eje Tandem (2 eje ruedas dobles)(EE _{TA2})	$EETA_2 = \{P/15.1\}^{4.0}$
Eje Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple)(EE _{TR1})	$EETR_1 = \{P/20.7\}^{3.9}$
Eje Tridem (3 ejes ruedas dobles)(EE _{TR2})	$EETR_2 = \{P/21.8\}^{3.9}$

P = peso real por el eje en toneladas

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos (Cuadro 6.3).

Para el diseño de un pavimento se adopta el número proyectado de EE que circularán por el "carril de diseño", durante el periodo de análisis. El carril de diseño corresponderá al carril identificado como el más cargado de la carretera y el resultado de este cálculo será adoptado para todos los carriles de la sección vial típica de esa carretera, por tramos de demanda homogénea.

Para definir la demanda sobre el carril de diseño se analizará el tipo de sección transversal operativa de la carretera, el número de calzadas vehiculares y la distribución de la carga sobre cada carril que conforma la calzada. (MTC, 2014)

La medición de la demanda, estará basada en muestreos significativos del tránsito cuando no se cuenta con estaciones de pesaje que pueden generar censos de cargas por tipo de ejes. La investigación más extendida en la práctica del Perú, se orienta a la estratificación muestral de la carga por tipo de vehículo. Para ello la muestra del tráfico usuario

se concentra en el tráfico pesado con la finalidad de obtener una información detallada promedio, pesando la carga real por tipo de vehículo muestreado, por tipo de ejes que lo conforman y por carga efectiva que lleva el eje. De esta manera con las mediciones obtenidas por tipo de vehículos pesados se calculará el factor vehículo pesado de cada uno de los tipos de vehículos del camino, este factor resulta del promedio de EE que caracteriza cada tipo de vehículo pesado identificado para el camino (MTC, 2014).

El Factor Vehículo Pesado (F_{vp}), se define como el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o camión), y el promedio se obtiene dividiendo la sumatoria de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número total del tipo de vehículo pesado seleccionado. El cálculo de factores de EE se efectuará utilizando las cargas reales por eje de los vehículos pesados encuestados en el censo de cargas.

El Ingeniero Responsable para los pavimentos flexibles y semirrígidos tomará en cuenta, para el cálculo de EE, un factor de ajuste por presión de neumáticos, de tal manera de computar el efecto adicional de deterioro que producen las presiones de los neumáticos sobre el pavimento flexible o semirrígido. Para el caso de afirmados y pavimentos rígidos el factor de ajuste por presión de neumáticos será igual 1.0.

Para la determinación de los factores de presión de neumáticos se utilizarán los valores de la Tabla 2.5, valores intermedios podrán

interpolarse. Los valores de la Tabla 2.5 han sido obtenidos de correlacionar los valores de la Figura IV-4 EAL Adjustment Factor for Tire Pressures del Manual MS-1 del Instituto del Asfalto, modificando la presión inicial de 70 psi que indica la mencionada figura por la presión inicial de 80 psi considerada para efectos de este Manual. (MTC, 2014)

Tabla 2.3.5.

Factor de Ajuste por Presión de Neumático (Fp) para Ejes Equivalentes (EE)

Espesor de capa de Rodadura (mm)	Presion de contacto del Neumatico (PCN) en psc PCN = 0.90x(presion de inflado del neumatico) (psi)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1.00	1.30	1.80	2.13	2.91	3.59	4.37
60	1.00	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
70	1.00	1.30	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
80	1.00	1.28	1.59	1.94	2.32	2.74	3.20
90	1.00	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91
100	1.00	1.23	1.48	1.75	2.04	2.35	2.68
110	1.00	1.21	1.43	1.66	1.91	2.17	2.44
120	1.00	1.19	1.38	1.59	1.80	2.02	2.25
130	1.00	1.17	1.34	1.52	1.70	1.89	2.09
140	1.00	1.15	1.30	1.46	1.62	1.78	1.94
150	1.00	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.79
160	1.00	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71
170	1.00	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61
180	1.00	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.53
190	1.00	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.46
200	1.00	1.08	1.15	1.22	1.28	1.35	1.41

Nota:

- * EE = Ejes Equivalentes
- * Presion de inflado del neumatico (Pin) esta referido al promedio de presiones de inflado de neumaticos por tipo de vehiculo pesada
- * Presion de contacto del Neumatico (PCN) igual al 90% del promedio de presiones de inflado de neumaticos por tipo de vehiculos pesado
- * Para espesores menores de capa de rodadura asfaltica, se aplicara el factor de ajuste igual al espesor de 50 mm.

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos (Cuadro 6.13).

Para el cálculo del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn, en el periodo de diseño, se usará la siguiente expresión por tipo de vehículo; el resultado final será la sumatoria de los diferentes tipos de vehículos pesados considerados:

$$N_{rep} \text{ de } EE_{8.2 \text{ tn}} = \sum [EE_{\text{dia-carril}} \times Fca \times 365]$$

Donde:

Parámetros	Descripción
Nrep de EE 8.2tn	Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn $[(EE)]_{\text{(dia,carril)}} =$ Ejes Equivalentes por cada tipo de vehículo pesado, por día para el carril de diseño. Resulta del IMD por cada tipo de vehículo pesado, por el Factor Direccional, por el Factor Carril de diseño, por el Factor Vehículo Pesado del tipo seleccionado y por el Factor de Presión de neumáticos. Para cada tipo de vehículo pesado, se aplica la siguiente relación: $EE_{\text{dia,carril}} = \text{IMD } P_i \times Fd \times Fc \times Fv_{pi} \times Fp_i$
EE _{dia-carril}	Donde: IMD _{pi} : corresponde al Índice Medio Diario según tipo de vehículo pesado seleccionado (i) Fd : Factor Direccional, según Tabla Nº. 2.3.1 Fc : Factor Carril de diseño, según Tabla Nº. 2.3.1 Fv_{pi} : Factor vehículo pesado del tipo seleccionado (i) calculado según su composición de ejes. Representa el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o camión), y el promedio se obtiene dividiendo el total de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número total del tipo de vehículo pesado seleccionado. Fp_i : Factor de Presión de neumáticos, según Cuadro Nº 2.3.5
Fca	Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado (según tabla Nº 2.3.2)
365	Número de días del año
Σ	Sumatoria de Ejes Equivalentes de todos los tipos de vehículo pesado, por día para el carril de diseño por Factor de crecimiento acumulado por 365 días del año.

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

2.3.6. Características de los Materiales

La exploración e investigación del suelo es muy importante tanto para la determinación de las características del suelo, como para el correcto diseño de la estructura del pavimento. (MTC, 2014, pág. 25)

2.3.6.2. Exploración de Suelos

AASHTO para la investigación y muestreo de suelos recomienda la aplicación de la norma T 86-90 que equivale a la ASTM 0420-69. Para la exploración de suelos y rocas primero deberá efectuarse un reconocimiento del terreno y como resultado de ello un programa de exploración e investigación de campo a lo largo de la vía y en las zonas de préstamo, para de esta manera identificar los diferentes tipos de suelo que puedan presentarse.

De las calicatas o pozos exploratorios deberán obtenerse de cada estrato muestras representativas en número y cantidades suficientes de suelo o de roca, o de ambos, de cada material que sea importante para el diseño y la construcción.

Con las muestras obtenidas en la forma descrita, se efectuarán ensayos en laboratorio y finalmente con los datos obtenidos se pasará a la fase de gabinete, para consignar en forma gráfica y escrita los resultados obtenidos, asimismo se determinará un perfil estratigráfico de los suelos (eje y bordes), debidamente acotado en un espesor no menor a 1.50 m, teniendo como nivel superior la línea de sub rasante del diseño geométrico vial y debajo de ella, espesores y tipos de suelos del terraplén y los del terreno natural, con indicación de sus propiedades o características y los parámetros básicos para el diseño de pavimentos. (MTC, 2014, pág. 25)

2.3.6.3. Caracterización de Sub Rasante

Con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la sub rasante se llevarán a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas de 1.5 m de profundidad mínima; el número mínimo de calicatas por kilómetro, estará de acuerdo a la Tabla 2.3.6.

Tabla 2.3.6.

Numero de calicatas para exploración de suelos

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Numero minimo de Calicatas	Observacion
Autopistas carreteras de IMDA mayor de 6000 Veh/dia, de calzadas separadas, cada una con dos o mas carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido - Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido - Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	Las calicatas se ubicaran longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/dia, de calzadas separadas, cada una con dos o mas carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido - Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido - Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	
Carreteras de Primera Clase: Carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/dia, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- 4 calicatas x km	Las calicatas se ubicaran longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de segunda clase: carreteras con un IMDA entre 2000/401 veh/dia, de calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- 3 calicatas x km	
Carreteras de tercera clase: carreteras con IMDA entre 400-201 veh/dia, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- 2 calicatas x km	
Carreteras de bajo volumen de transito: carreteras con un IMDA <=200 veh/dia, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- 1 calicata x km	

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos (Cuadro 4.1) (MTC, 2014).

2.3.6.3.1. Registro de Excavación

De los estratos encontrados en cada una de las calicatas se obtendrán muestras representativas, las que deben ser descritas e identificadas mediante una tarjeta con la ubicación de la calicata,

número de muestra y profundidad y luego colocadas en bolsas de polietileno para su traslado al laboratorio. Así mismo, durante la ejecución de las investigaciones de campo se llevará un registro en el que se anotará el espesor de cada uno de los estratos del subsuelo, sus características de gradación y el estado de compacidad de cada uno de los materiales. Así mismo se extraerán muestras representativas de la sub rasante para realizar ensayos de Módulos de resiliencia (MR) o ensayos de CBR para correlacionarlos con ecuaciones de MR, la cantidad de ensayos dependerá del tipo de carretera.

Tabla 2.3.7.

Numero de ensayo Mr y CBR

Tipo de Carretera	Nº Mn y CBR
Autopistas: Carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o mas carriles	- Calzada 2 carriles por sentido: 1 M_R cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido - Calzada 3 carriles por sentido: 1 M_R cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido - Calzada 4 carriles por sentido: 1 M_R cada 1 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: Carreteras con un IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o mas carriles	- Calzada 2 carriles por sentido: 1 M_R cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido - Calzada 3 carriles por sentido: 1 M_R cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido - Calzada 4 carriles por sentido: 1 M_R cada 1 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	- 1 M_R cada 3 km y 1 CBR de 1 km
Carreteras de segunda clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401, de una calzada de dos carriles	- Cada 1.5 km se realizará un CBR
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles	- Cada 2 km se realizará un CBR
Carreteras con IMDA > 200 veh/día de una calzada	- Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: *Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos (Cuadro 4.2).* (MTC, 2014)

2.3.6.4. Descripción de Suelos

Los suelos encontrados serán descritos y clasificados de acuerdo a la metodología para construcción de vías, la clasificación se efectuará obligatoriamente por AASHTO y SUCS, se utilizarán los signos convencionales de las Tablas 2.3.8 y 2.3.9.

Tabla 2.3.8.

Signos convencionales para perfil de calicatas – Clasificación AASHTO

Simbologia	Clasificacion	Simbologia	Clasificacion
	A - 1 - a		A - 5
	A - 1 - b		A - 6
	A - 3		A - 7 - 5
	A - 2 - 4		A - 7 - 6
	A - 2 - 5		Materia Organica
	A - 2 - 6		Roca Sana
	A - 2 - 7		Roca Desintegrada
	A - 4		

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos (Cuadro 4.3) (MTC, 2014).

Tabla 2.3.9.

Signos convencionales para perfil de calicatas – Clasificación SUCS

Simbologia	Descripcion	Simbologia	Descripcion
	Grava bien graduada mezcla, grava con poco o nada de materia fino, variacion en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Grava mal graduada, mezcla de arena - grava con poco o nada de material fino		Arena arcillosa, mezcla de arena - arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa		Limo organico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso co ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo organico de plasticidad baja o mediano, arcilla grava, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla negra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco a nada de material fino, amplia variacion en tamaños granuales y cantidades de particulas en tamaños intermedios.		Limo organico y arcilla limosa organica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de particulas intermedios		Limo organico, suelo fino gravoso o limoso, micacea o diatometacea, limo elastico
			Arcilla inorganica de elevada plasticidad, arcilla gravosa
			Arcilla organicas de mediana o elevada plasticidad, limo c
			Turba, suelo considerablemente organico

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos (Cuadro 4.4) (MTC, 2014).

Las propiedades fundamentales a tomar en cuenta son:

2.3.6.4.1. Granulometría

El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño.

De acuerdo al tamaño de las partículas del suelo, se definen los términos en la Tabla 2.3.10.

Tabla 2.3.10.

Clasificación de suelos según tamaño de partículas

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
	Grava	75 mm - 4.75 mm
	Arena	Arena gruesa: 4.75 mm - 2 mm Arena media: 2.00 mm - 0.425 mm Arena fina: 0.425 mm - 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos (Cuadro 4.5) (MTC, 2014, pág. 30).

2.3.6.4.2. Plasticidad

Es la propiedad de estabilidad que representa los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, por tanto, la plasticidad de un suelo depende, no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos. El análisis granulométrico no permite apreciar esta característica, por lo que es necesario determinar los Límites de Atterberg.

Límite Líquido (LL), cuando el suelo pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse. (MTC, 2014, pág. 31)

Límite Plástico (LP), cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.

Límite de Contracción (retracción), cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y deja de contraerse al perder humedad.

Además del LL y del LP, una característica a obtener es el Índice de plasticidad IP (ensayo MTC E 111) que se define como la diferencia entre LL y LP:

$$IP = LL - LP$$

El suelo en relación a su índice de plasticidad puede clasificarse según lo siguiente:

Tabla 2.3.11.

Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad

Indice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos
IP ≤ 20	Media	Suelos arcillosos
IP > 7	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
IP < 7	No Plastica	Suelos exentos de arcilla

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos (Cuadro 4.6) (MTC, 2014).

2.3.6.4.3. Humedad Natural

Otra característica importante de los suelos es su humedad natural; puesto que la resistencia de los suelos de sub rasante, en especial de los finos, se encuentra directamente asociada con las condiciones de humedad y densidad que estos suelos presenten. (MTC, 2014, pág. 33)

2.3.6.4.4. Clasificación de los Suelos

Determinadas las características de los suelos, según los acápites anteriores, se podrá estimar con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos, especialmente con el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo; y, luego clasificar los suelos. La clasificación de los suelos se efectuará bajo el sistema mostrado en la Tabla 2.3.12. Esta clasificación permite predecir el comportamiento aproximado de los suelos, que contribuirá a delimitar los sectores homogéneos desde el punto de vista geotécnico.

A continuación, se presenta una correlación de los dos sistemas de clasificación más difundidos, AASHTO y ASTM (SUCS):

Tabla 2.3.12.

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, GM, SP
A - 2	GM, GC, SM, SC
A - 3	SP
A - 4	CL, ML
A - 5	ML, MH, CH
A - 6	CL, CH
A - 7	OH, MH, CH

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos (Cuadro 4.9) (MTC, 2014).

Para complementar la información se presenta el Tabla 2.3.13 , que muestra la Clasificación de los Suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282. (MTC, 2014, pág. 34)

Tabla 2.3.13.

Correlación de Tipos de Suelos AASHTO - SUCS

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0.06 mm						Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm				
	A1		A3	A2			A4	A5	A6	A7	
Grupo Símbolo	A1-a	A1-b	A3	A2-4	A2-5	A2-6	A2-7	A7-5	A7-6		
Análisis granulométrico											
% que pasa por el tamiz de:											
2 mm	máx. 50	máx. 50	mín. 50	máx. 35	Máx. 35	máx. 35	máx. 35				mín. 35
0.5 mm	máx. 30	máx. 25	máx. 10								mín. 35
0.08 mm	máx. 15										mín. 35
Límites Atterberg											
límite de líquido				máx. 40	mín. 40	máx. 40	mín. 40				máx. 40
índice de plasticidad	máx. 6	máx. 6		máx. 10	máx. 10	mín. 10	mín. 10				mín. 10
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx. 4	máx. 4				máx. 20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena Fina			Gravas y arenas limosas o arcillosas					Suelos limosos
Estimación general del suelo como subsistente	De excelente a bueno						De pasable a malo				

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos (Cuadro 4.10) (MTC, 2014).

2.3.6.4.5. Capacidad de Soporte (cbr)

Una vez que se haya clasificado los suelos por el sistema AASHTO y SUCS, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo en estudio, para establecer el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, que estará referido al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca) y a una penetración de carga de 2.54 mm. Para la obtención del valor CBR de diseño de la sub rasante, se debe considerar lo siguiente:

1. En los sectores con 6 o más valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño de la sub rasante considerando el promedio del total de los valores analizados por sector de características homogéneas.
2. En los sectores con menos de 6 valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño de la sub rasante en función a los siguientes criterios:
 - Si los valores son parecidos o similares, tomar el valor promedio.
 - Si los valores no son parecidos o no son similares, tomar el valor crítico (el más bajo) o en todo caso subdividir la sección a fin de agrupar subsectores con valores de CBR parecidos o similares y definir el valor promedio. La longitud de los subsectores no será menor a 100 m. (MTC, 2014, pág. 35)

3. Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a que categoría de subrasante pertenece el sector o subtramo, según lo siguiente:

Tabla 2.3.14.

Categorías de Subrasante

Categorías de Sub rasante	CBR
S_0 : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S_1 : Sub rasante Insuficiente	De CBR \geq 3% a CBR < 6%
S_2 : Sub rasante Regular	De CBR \geq 6% a CBR < 10%
S_3 : Sub rasante Buena	De CBR \geq 10% a CBR < 20%
S_4 : Sub rasante Muy Buena	De CBR \geq 20% a CBR < 30%
S_5 : Sub rasante Excelente	CBR \geq 30%

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos (Cuadro 4.11). (MTC, 2014).

2.3.6.4.6. Módulo de Resiliencia (M_r)

El módulo de resiliencia se define como el cociente entre el esfuerzo desviador aplicado y la deformación unitaria elástica en cada ciclo de carga. Los ensayos de módulo de resiliencia se deben realizar en condiciones representativas de la colocación de los materiales en obra, como son las características de peso volumétrico, contenido de agua de compactación, método de compactación, granulometría, etc., ya que el ensayo es muy sensible a esas condiciones. (Garnica & Correa, 2004).

donde:

$$M_r = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{\epsilon_{axial}} = \frac{\sigma_d}{\epsilon_{axial}}$$

M_R = Módulo de resiliencia
 σ_1 = Esfuerzo principal mayor
 σ_3 = Esfuerzo principal menor
 σ_d = Esfuerzo desviador
 ϵ_{axial} = Deformación recuperable

Para suelos y materiales granulares (materiales de base, sub-base y subrasante), el ensayo de Módulo de Resiliencia se ejecuta de acuerdo con la norma AASHTO T274, mediante el ensayo triaxial de confinamiento constante, y el esfuerzo desviador se aplica cíclicamente.

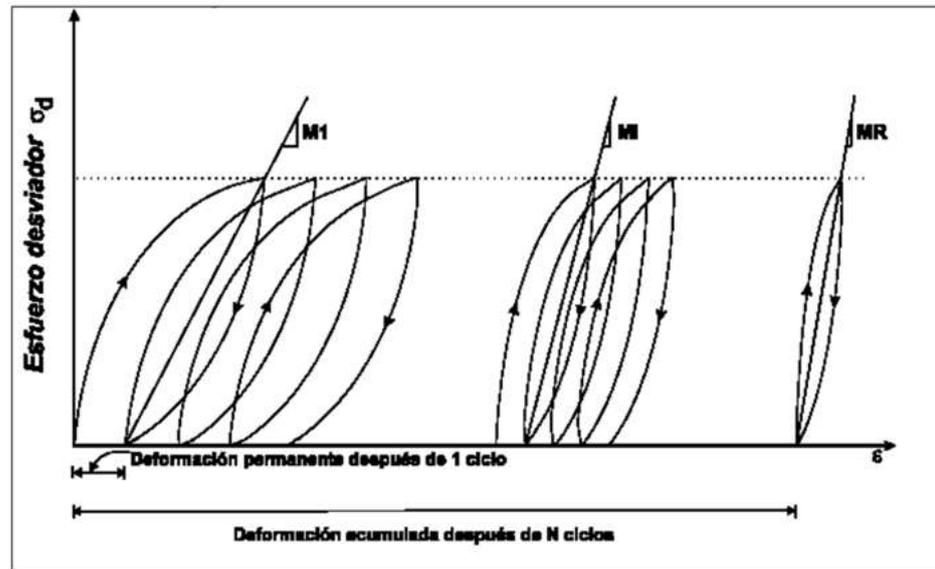


Figura 2.3.1. Concepto de módulo de Resiliencia

Fuente: *Conceptos Mecanicistas de Pavimentos, PT258, Paul Garnica, Angel Correa*

Para esta investigación, el Módulo Resiliente se obtendrá a partir del CBR, se empleará la siguiente ecuación que correlaciona el Mr – CBR, obtenida del Appendix CC-1 “Correlation of CBR values with soil index properties” preparado el 2001 por NCHRP Project 1- 37A (National Cooperative Highway Research Program), documento que forma parte de MEPDG Mechanistic - Empirical Pavement Design Guide – AASHTO interim 2008): (MTC, 2013, pág. 41)

$$Mr \text{ (psi)} = 2555 \times CBR^{0.64}$$

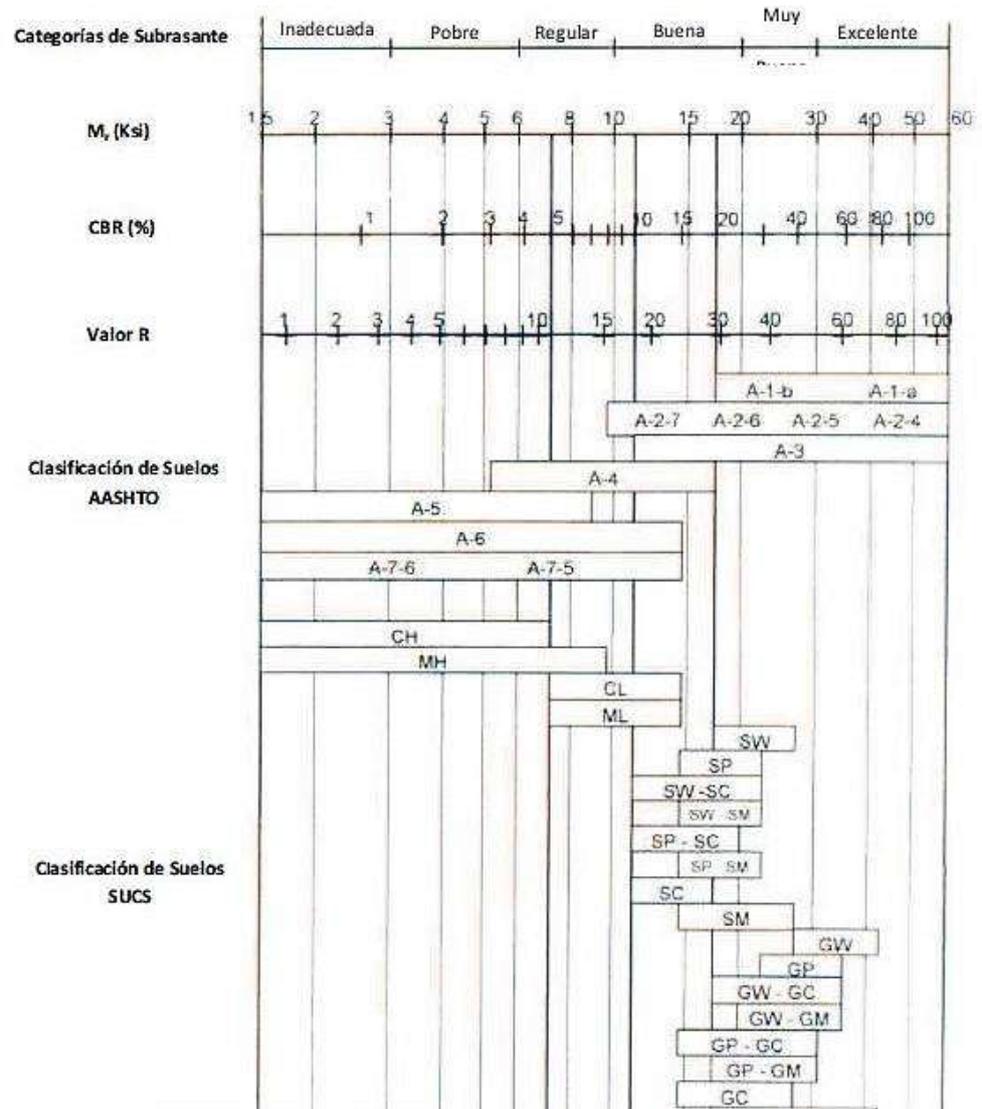


Figura 2.3.2. Correlaciones típicas entre las clasificaciones y propiedades de los suelos con el módulo de resiliencia

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos (Figura 4.1) (MTC, 2014).

2.3.6.4.7. Razón de Poisson

En cuanto al módulo o razón de Poisson podemos afirmar, que cuando se aplica un esfuerzo en una dirección del suelo, este sufrirá deformaciones en la dirección perpendicular, las cuales son inmediatas. La razón de Poisson se encarga de determinar la relación

entre la deformación inmediata vertical con la deformación inmediata

horizontal.

$$\mu = \frac{\varepsilon_{Lateral}}{\varepsilon_{Axial}}$$

El coeficiente de Poisson depende indirectamente del módulo de elasticidad o módulo de Young (E), del módulo de rigidez o de cizalladura (G), la cual se puede expresar de esta manera:

$$E=2G*(\mu+1)$$

En todos los materiales es necesario la obtención del módulo de Poisson, los cuales se pueden estimar a partir de la medición de otros parámetros más comunes como puede ser la resistencia a la compresión simple, o el valor de CBR, sin embargo, se debe de realizar mediante la ejecución directa del ensayo. Por lo general, los valores de Módulo de Poisson que se usan se son los que se muestran en la tabla. (García, Gutierrez, & Hernandez, 2014).

Tabla 2.3.15.

Módulos de Poisson convencionales para materiales de pavimentos asfálticos.

Elemento	Módulo de Poisson
Carpeta Asfáltica	0,33
Base Granular	0,35
Sub Base Granular	0,36
Sub Rasante	0,40

Fuente: Evaluación del Espectro de Carga y coeficientes de daño del corredor de la Avenida Boyoca D.C, Bogota D.C, Juan Ricardo Troncoso Rivera.

2.3.6.5. Informe de Exploración

2.3.6.5.1. Perfil Estratigráfico

En base a la información obtenida de los trabajos de campo y ensayos de laboratorio se realizará una descripción de los diferentes tipos de suelos encontrados en las calicatas o pozos. Una vez que se haya clasificado los suelos por el sistema AASHTO, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo en estudio, a partir del cual se determinará los suelos que controlarán el diseño y se establecerá el programa de ensayos para definir el CBR de diseño para cada sector homogéneo. (MTC, 2014)

2.3.6.6. Mezclas Asfálticas

2.3.6.6.1. Módulo Dinámico

Para el caso de las mezclas asfálticas, la propiedad se llama Módulo Dinámico, determinado según la norma ASTM D3497, en donde un espécimen cilíndrico se somete a pulsos repetidos de cierto esfuerzo cíclico, en condiciones de compresión no confinada. El módulo dinámico se calcula como el cociente entre el esfuerzo aplicado y la deformación unitaria elástica en cada ciclo de carga (Garnica & Correa, 2004).

$$E^* = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\sigma_0 e^{i\omega t}}{\varepsilon_0 e^{i(\omega t - \phi)}} = \frac{\sigma_0 \sin \omega t}{\varepsilon_0 \sin(\omega t - \phi)}$$

Donde:

σ_0 = esfuerzo pico (máximo)
 ε_0 = deformación unitaria pico (máxima)
 ϕ = ángulo de fase (grados)
 ω = velocidad angular
 t = tiempo, segundos

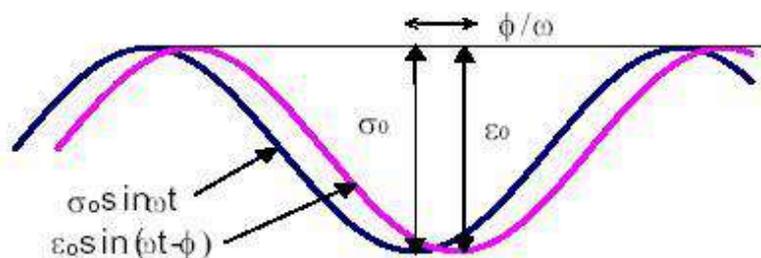


Figura 2.3.3. Módulo Dinámico

El procedimiento de la Guía de diseño Empírico Mecanicista de Pavimento AASHTO (MEPDG) ayuda a predecir el comportamiento futuro del pavimento sometido a esfuerzos y deformaciones, mediante los parámetros de la curva maestra del módulo dinámico para el diseño de la estructura del pavimento. Ya que la curva considera la variación de temperatura y carga que se puede producir, da como resultado una mejor predicción del envejecimiento de la mezcla asfáltica. (Corona, 2017, pág. 25).

2.3.6.6.2. Extracción Cuantitativa de Asfalto o Lavado Asfáltico

El ensayo de Extracción cuantitativa de asfalto en mezclas para pavimentos o Ensayo de lavado asfáltico (MTC-E502, ASTM D2171) tiene como objetivo principal determinar en forma cuantitativa la cantidad de asfalto de mezclas en caliente y de muestras en pavimentos, así como la granulometría de los agregados utilizados, mediante las pruebas ASTM C-117 y ASTM C-136; siendo de gran importancia este ensayo cuando se quiera verificar la calidad de una carpeta asfáltica. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), 2016).

2.3.6.6.3. Contenido de Vacíos de Aire en Mezclas Asfálticas

El porcentaje o contenido de aire en mezclas asfálticas es obtenida mediante el ensayo del MTC – E505 o ASTM 3203, que tiene por objeto determinar el valor del porcentaje de vacíos en mezclas asfálticas, siendo usado como uno de los criterios tanto en los métodos de diseño, como en la evaluación de la compactación alcanzada en proyectos de pavimentos asfálticos. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), 2016).

La metodología de diseño de mezclas asfálticas Marshall, presenta especificaciones como:

1. La selección de una curva granulométrica para el diseño de una mezcla asfáltica cerrada o densa, está en función de dos parámetros: el tamaño máximo nominal del agregado y el de las líneas de control (superior e inferior), Las líneas de control son puntos de paso obligado para la curva granulométrica. La siguiente Tabla presenta los tamaños máximos nominales más utilizados, así como sus líneas de control de acuerdo con la ASTM D3515 (Garnica, Delgado, Gómez, Alonso, & Alarcón, 2004).

Tabla 2.3.16.

Graduaciones propuestas para mezclas cerradas (ASTM D3515)

Abertura de malla	Mezclas cerradas								
	Tamaño máximo nominal del agregado								
	2 in (50.0 mm)	1 1/2 in (37.5 mm)	1 in (25.0 mm)	3/4 in (19.0 mm)	1/2 in (12.5 mm)	3/8 in (9.5 mm)	N° 4 (4.75 mm)	N° 8 (2.36 mm)	N° 16 (1.18 mm)
Graduaciones para mezclas de agregados (Gruoso, Fino y Filler)									
2 1/2 in. (63 mm)	100	...	...	...	...	...	...	...	...
2 in. (50 mm)	90 - 100	100	...	...	...	...	...	...	...
1 1/2 in (37.5 mm)	...	90 - 100	100	...	...	...	...	...	...
1 in. (25.0)	60 - 80	...	90 - 100	100	...	...	...	...	...
3/4 in. (19.0 mm)	...	56 - 80	...	90 - 100	100	...	...	...	...
1/2 in. (12.5 mm)	35 - 65	...	56 - 80	...	90 - 100	100	...	...	...
3/8 in. (9.5 mm)	...	...	...	56 - 80	...	90 - 100	100	...	...
N° 4 (4.75 mm)	17 - 47	23 - 53	29 - 59	35 - 65	44 - 74	55 - 85	80 - 100	...	100
N° 8 (2.36 mm)	10 - 36	15 - 41	19 - 45	23 - 49	28 - 58	32 - 67	65 - 100	...	95 - 100
N° 16 (1.18 mm)	...	...	...	...	...	...	40 - 80	...	85 - 100
N° 30 (600 µm)	...	...	...	...	...	...	35 - 65	...	70 - 95
N° 50 (300 µm)	3 - 15	4 - 16	5 - 17	5 - 19	5 - 21	7 - 23	7 - 40	...	45 - 75
N° 100 (150 µm)	...	...	...	...	...	...	3 - 20	...	20 - 40
N° 200 (75 µm)	0 - 5	0 - 6	1 - 7	2 - 8	2 - 10	2 - 10	2 - 10	...	9 - 20
Asfalto, Porcentaje con respecto al peso total de la mezcla									
	2 - 7	3 - 8	3 - 9	4 - 10	4 - 11	5 - 12	6 - 12	7 - 12	8 - 12

Fuente: Aspectos de diseño volumétrico de mezclas asfálticas, Garnica, et al.,2004.

- La selección del contenido óptimo de asfalto depende de muchos criterios Un punto inicial para el diseño es escoger el porcentaje de asfalto para el promedio de los límites de vacíos de aire, el cual es 4%. Todas las propiedades medidas y calculadas bajo este contenido de asfalto deberán ser evaluadas comparándolas con los criterios para el diseño de mezclas en la siguiente tabla. Si todos los criterios se cumplen, entonces se tendrá el diseño preliminar de la mezcla asfáltica, en caso de que un criterio no se cumpla, se necesitará hacer ajustes, o rediseñar la mezcla (Garnica, Delgado, Gómez, Alonso, & Alarcón, 2004).

Tabla 2.3.17.

Criterio de diseño de mezclas Marshall

Método Marshall	Tráfico Ligero		Tráfico Medio		Tráfico Pesado	
	Carpetas y Base		Carpetas y Base		Carpetas y Base	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
Compactación, número de golpes en cada uno de los especímenes	35		50		75	
Estabilidad, (N)	3336		5338		8006	
(lb)	750	----	1200	----	1800	----
Flujo, (0.25 mm) (0.01 in)	8	18	8	16	8	14
Porcentaje de vacíos	3	5	3	5	3	5
Porcentaje de vacíos en los agregados minerales	Ver Tabla 2.2					
Porcentaje de vacíos rellenos de asfalto	70	80	65	78	65	75

Fuente: Aspectos de diseño volumétrico de mezclas asfálticas, Garnica, et al.,2004.

2.3.5. Factores Climáticos

Los factores climáticos son importantes de estudiar, debido a que pueden afectar directamente las propiedades de los materiales, siendo las variables climáticas más importantes la humedad y temperatura, presentes en la estructura del pavimento.

2.3.5.1. Temperatura Media Mensual y Anual del Aire (TMM) y (TMA)

La temperatura media mensual (TMM) se obtiene a partir de las temperaturas máximas y mínimas mensuales brindado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI); mientras que el valor de la temperatura media anual (TMA) es obtenido a partir del promedio de las temperaturas medias mensuales de los doce meses del año de estudio.

2.4. DESCRIPCION GENERAL DEL METODO DE DISEÑO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

De 1954 a 1969, el Instituto de Asfalto publicó ocho ediciones del Manual de la Serie N°1 (MS-1) para el diseño de espesores de pavimentos asfálticos. Los procedimientos recomendados en estos manuales son empíricos. Las ediciones séptima y octava de MS-1 se basaron en datos de la prueba de carretera de AASHO, la prueba de carretera de WASHO y una serie de carreteras de prueba británicas y en comparaciones con los procedimientos de diseño del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE. UU. y de algunas agencias estatales. En 1981, se publicó la novena edición de MS-1, que, a diferencia de ediciones anteriores, la novena edición se basa en la metodología mecanicista-empírica y utiliza la teoría mecanicista multicapa en conjunción con criterios empíricos de falla para determinar espesores de pavimentos Basado en los resultados de un programa de computadora llamado DAMA, una serie de gráficos de diseño que cubren tres temperaturas diferentes se desarrollaron regímenes. Sin embargo, en la MS-1 solo se incluyeron los gráficos de un régimen, que representa una gran parte de los Estados Unidos. En 1991, se realizó una revisión de la novena edición de MS-1, en la que se incluyeron gráficos para los tres regímenes de temperatura (AI, 1991). (Huang 2014)

Para este método se considera como factores: La composición y volumen de tráfico mediante una escala de factores de equivalencia, evaluación de los suelos de sub rasante, espesor total, espesor de las capas, selección de materiales para las diferentes capas, diseños alternos, compactación, drenaje, efecto de las heladas y análisis económicos.

La presente investigación utiliza el método de diseño del Instituto del Asfalto MS-1 de 1981.

2.5. METODO DE DISEÑO MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014

2.5.3. Descripción General del Método CR-ME 2014

Los conceptos mecanísticos - empíricos de pavimentos son la tendencia actual a nivel mundial para el análisis y diseño de pavimentos flexibles y rígidos. La parte mecanística de estas técnicas se encuentra en la determinación analítica-numérica de las respuestas de los pavimentos ante sollicitaciones mecánicas específicas. Para el caso de los pavimentos flexibles, normalmente se emplea la solución analítica de multicapa elástica para obtener estas respuestas, a saber: esfuerzos, deformaciones y deflexiones.

El desarrollo de CR-ME se enmarca dentro del objetivo final de obtener la primera guía de diseño mecanística-empírica de pavimentos para Costa Rica, labor en ejecución por parte del Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

CR-ME es un programa informático de análisis de pavimentos flexibles, que permite calcular el desempeño del pavimento a las cargas aplicadas por los vehículos, basados en la teoría de multicapa elástica, basado en la teoría de Burmister (1943) y ampliada por Huang (1967), y en modelos de predicción del desempeño de pavimentos desarrollados gracias a investigación del LanammeUCR. Para esto el ingeniero diseñador deberá colocar valores de espesores iniciales para valorar si soportan el tránsito pronosticado para el

proyecto e iterar hasta obtener el diseño óptimo. (Manual de Usuario Herramienta CR-ME Version Beta, 2016)

2.5.4. Diseño con la Interfaz o Software del CR-ME

La metodología de diseño de pavimento que se describe a continuación y que se desarrolla en el siguiente capítulo, tuvo como Guía de Diseño al Manual de Usuario Herramienta CR-ME Versión Beta del Año 2016, desarrollado por Programa de Infraestructura de Transporte (PITRA) del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Al iniciar el programa se desplegará la interfaz principal del programa. En la siguiente Figura se muestra las principales características del programa.



Figura 2.5.1. Interfaz principal

2.5.4.2. Proyecto

- **Ubicación:** El usuario escribe la ubicación del proyecto.
- **Identificación del proyecto:** Se puede escribir un ID para el proyecto a diseñar.

- **Identificación de la sección:** El usuario escribe un ID para la sección a diseñar.
- **Fecha de construcción:** Se especifica la fecha en que se iniciará la construcción.
- **Descripción:** El usuario podrá anotar datos extras del proyecto.

The image shows a web form titled "Proyecto" with the following fields:

- Ubicación: Text input field.
- Identificación del proyecto: Text input field.
- Identificación de la sección: Text input field.
- Fecha de construcción: Date picker showing "30/11/2016" with a dropdown arrow and the label "Día/ Mes/ Año".
- Descripción: Large text area.

Figura 2.5.2. Información del proyecto

2.5.4.3. Características del Proyecto

Se encuentran datos generales del proyecto que serán necesarios para estimar con los modelos más precisos el daño esperado en la estructura al estar en uso. Estos datos son obligatorios y el software no permitirá avanzar en los módulos sin haber completado los datos solicitados.

2.5.4.3.1. Velocidad Operacional

El usuario deberá introducir un valor en km/h de la velocidad operacional del proyecto. Este dato es necesario para la estimación del módulo dinámico de la carpeta asfáltica a una cierta velocidad.

2.5.4.3.2. Ancho de Carril

Se debe ingresar un valor de ancho de carril en metros, el cual será utilizado de acuerdo a ciertos modelos para estimar el zigzagado lateral que se espera que ocurra cuando la carretera esté en funcionamiento.

2.5.4.3.3. Periodo de Diseño

Es el tiempo en años de vida útil esperada para el proyecto.

2.5.4.3.4. Zigzagado Lateral

El ingeniero diseñador podrá especificar si utilizar los modelos que consideran que los vehículos abarcarán una huella variable, lo cual reduce el daño, ya que la aplicación de carga no se da en todas las ocasiones en el mismo lugar o puede considerar el caso más crítico, en el cual no considera el zigzagado lateral.

Características del proyecto

Velocidad operacional (km/h)

Ancho de carril (m)

Periodo de diseño (años)

Considerar el efecto del Zigzagado Lateral

Si

No

Figura 2.5.3. Características del proyecto

2.5.4.4. Datos de entrada

En esta sección se debe dar clic al botón en que se quiere ingresar los datos. El software no permitirá ingresar los datos si no han sido ingresados la información necesaria. Se mostrará en rojo las opciones

que aún no hayan sido completadas y en verde las que ya se han completado. Para acceder a la ventana de Tránsito deben de haberse completado todas las características del proyecto. Podrá accederse al módulo Clima únicamente luego de haber completado todos los datos necesarios para Tránsito y así sucesivamente para poder acceder a los demás módulos. Se debe dar clic a las etiquetas o al cuadro para acceder a cada ventana.

Se podrá dar clic al botón de DISEÑAR únicamente después de haber completado todos los módulos.



Figura 2.5.4. Datos de entrada

2.5.4.4.1. Módulo Tránsito

El menú principal cuenta con las sub-secciones:

- **Archivo:** El usuario podrá guardar los datos de Tránsito ingresados o Abrir los datos de Tránsito previamente guardados en un archivo *.tra. Esto le permitirá probar diferentes datos de entrada de tránsito.
- **Salir:** Permite al usuario salir del módulo tránsito sin guardar los datos ingresados.

- **Selección de nivel:** Se selecciona el nivel de conocimiento de la variable Tránsito, tal como se muestra en la Figura 2.5.5 donde se selecciona alguno de los tres niveles de entrada. En el caso de este trabajo seleccionaremos el Nivel 3 (Basico), se abrirá otro menú en el que se podrá elegir entre utilizar Ejes Equivalentes Con o Sin Series Históricas.

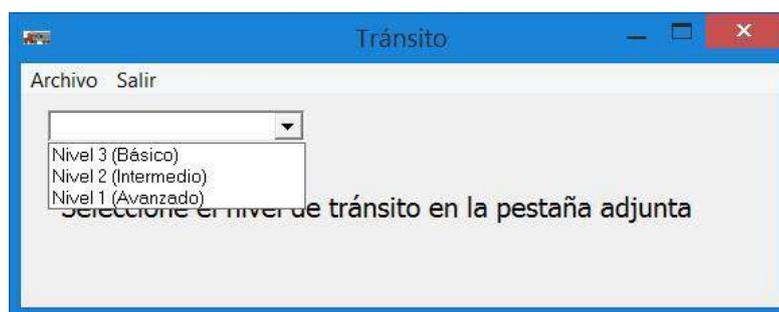


Figura 2.5.5. Interfaz principal módulo Tránsito

2.5.4.4.1.1. Cálculo de Ejes Equivalentes de Carga (ESAL)

Esta ventana aparecerá cuando el usuario elija el Nivel 3 o el Nivel 2 con la opción Ejes Equivalentes de Carga. Se deberán ingresar los siguientes datos:

- **Selección entre Cálculo de ejes equivalentes de 8.2 T con o sin series históricas:** Al elegir uno o el otro bloqueará algunas casillas.

Si el usuario elige la opción con series históricas, se le abrirá la siguiente opción:

- **Casilla N (8.2 T):** En este campo de texto el usuario deberá escribir la cantidad de ejes equivalentes esperados a lo largo del proyecto realizado mediante un estudio previo tomando en consideración series históricas.

En ambos casos se habilitarán las siguientes opciones:

- **ESAL durante la construcción:** En esta casilla el usuario introducirá la cantidad de ejes equivalentes de carga que se contaron durante la construcción de la carretera. El ingeniero diseñador puede no considerar esta variable colocando un 0.
- **Porcentaje atraído:** Representa el porcentaje de vehículos que se estima estará atrayendo el proyecto.
- **Porcentaje generado:** Representa el porcentaje de vehículos que se estima estará generado la construcción de la carretera.
- **Factor de amplificación:** Es un factor multiplicativo que permite al ingeniero encargado del diseño valorar el efecto que tendrá en el diseño algún error en la cuantificación de la variable Tránsito, un valor de 1 indica el caso sin afectación.

Con el botón Cálculo de ESAL, el usuario podrá ver la cantidad de ejes equivalentes estimados para el proyecto. Luego al dar click en el botón Guardar, el software preguntará si desea Guardar los datos en un archivo *.tra.

Ejes Equivalentes de Carga (ESAL)

Cálculo de ejes equivalentes de 8.2 T con series históricas
 Cálculo de ejes equivalentes de 8.2 T sin series históricas (AASHTO 93)

N (8.2 T)

TPD año inicial (TPDi)
 Crecimiento vehicular (%)
 Factor de distribución direccional(%)

Factor de distribución por carril (%)

Tipos de vehículos	Porcentaje del TPD	Factor daño	ESAL durante la construcción (Nc)
Automóviles	55	0	71065
Buses	12	0.42	
C2P	5.5	0.31	
C2G	8.1	2.3	
C3	4.2	3.81	
C3S2	9.9	5.11	
C3S3	5.3	4.02	

Porcentaje atraído
 Porcentaje generado

Nivel de confianza de la variable Tránsito (%)
 Factor de amplificación

ESAL calculado

Figura 2.5.6. Interfaz Ejes Equivalentes de Carga

2.5.4.4.2. Módulo de Clima

Los materiales que componen la estructura de un pavimento, son fuertemente afectados por las condiciones climáticas.

La humedad afecta a los materiales granulares que conforman la base, subbase y subrasante, mientras que la temperatura tiene un efecto principalmente sobre la carpeta asfáltica, la cual está conformada por un material viscoelástico, lo cual hace que su resistencia esté ligada a la temperatura.

Para afectar el módulo resiliente de las capas no ligadas, se utiliza el índice de humedad de Thornwaite (TMI por sus siglas en inglés), el cual el usuario puede calcular ya sea utilizando algún modelo basado

en la temperatura y la precipitación o un modelo que considere más variables climáticas (humedad relativa, velocidad del viento y brillo solar), tal como el modelo de Penmann-Monteith.

2.5.4.4.2.1. Índice de Thornthwaite y Temperatura Promedio Mensual

El usuario completará los datos solicitados para el llenado de la tabla del índice de humedad de Thornthwaite (TMI) y la temperatura mensual promedio para luego ser utilizados por el software en los modelos de afectación climática.

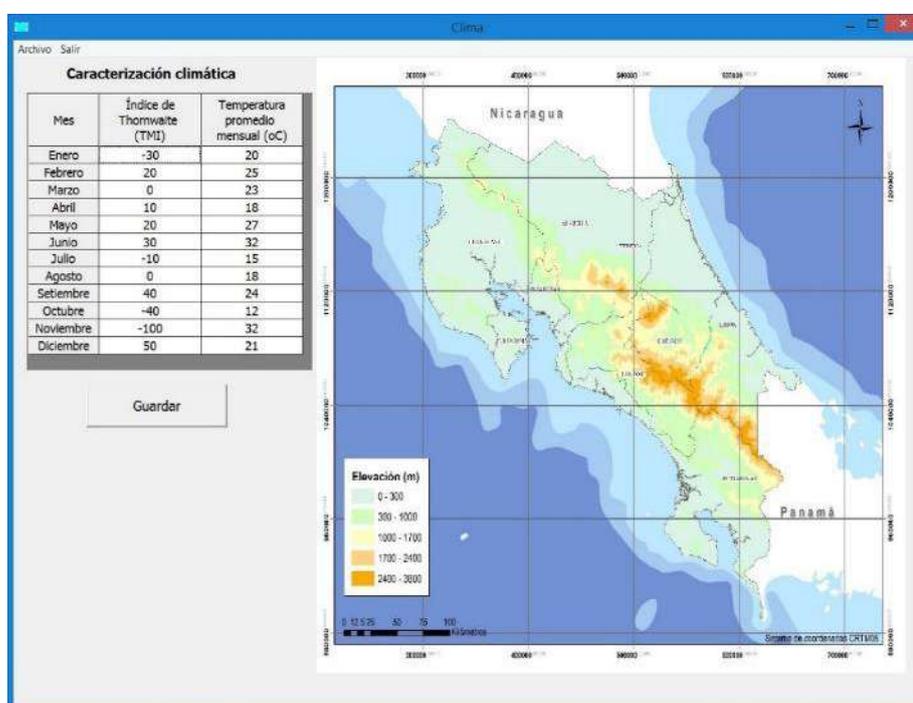


Figura 2.5.7. Ventana de datos climáticos

2.5.4.4.3. Módulo Materiales

En función de la importancia del proyecto, la cual será definida por el usuario según la cantidad de ejes equivalentes esperados. Sin embargo, el programa permitirá al ingeniero combinar niveles de conocimiento de los materiales.

2.5.4.4.3.1. Número de Subcapas por Capas

Se puede elegir un máximo de 10 capas por efectos prácticos. El software da la opción de seleccionar 3 capas asfálticas. Esta práctica se recomienda en ingeniería de pavimentos para que la primera capa sea realizada con una mezcla asfáltica drenante, la siguiente capa se diseña para que sea resistente a la deformación permanente con una granulometría más gruesa, mientras que la última capa se realiza resistente a la fatiga con un porcentaje de asfalto mayor. Se permiten además 3 bases, 2 subbases y siempre se tendrá una subrasante.

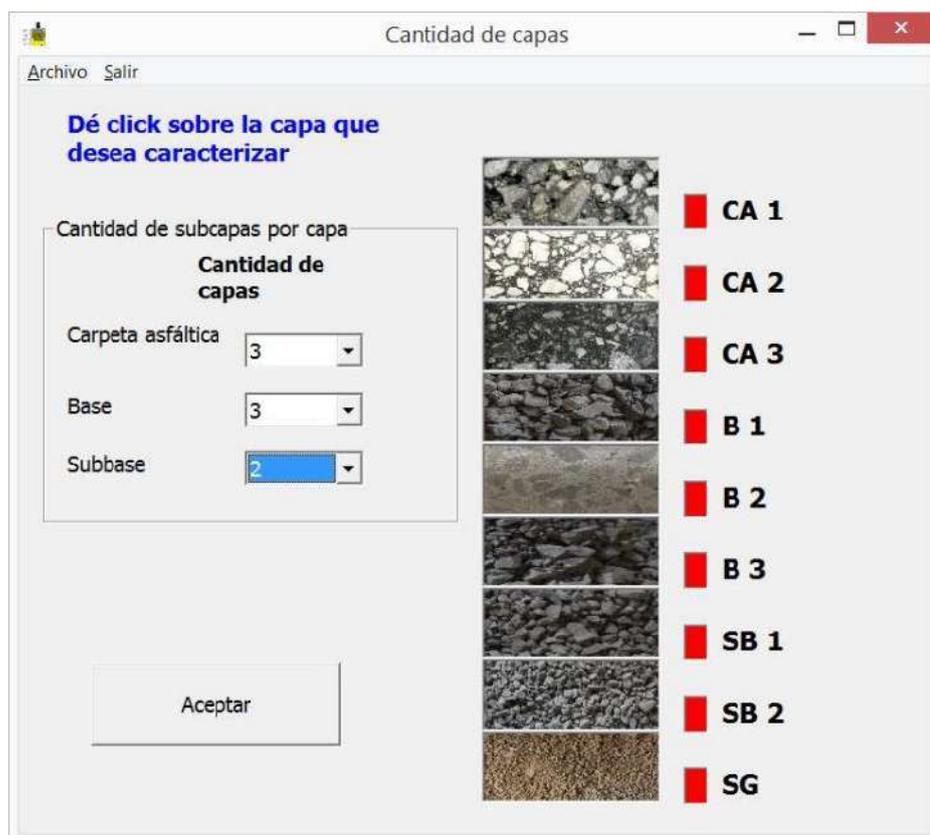


Figura 2.5.8. Selección de la cantidad de capas

Para acceder al módulo de ingreso de datos de cada capa se deberá dar clic a la imagen de la capa. Al dar clic a las imágenes se mostrará la ventana específica de cada capa.

2.5.4.4.3.2. Carpeta Asfáltica

En la ventana que se muestra en la Figura 2.5.9, se ingresan los datos de la mezcla asfáltica. Se dispone de tres niveles de ingreso de los datos. En esta investigación se utilizará el nivel 3 (Básico) de ingreso de datos de la carpeta asfáltica.

El nivel 3 es el nivel en que el usuario cuenta con menor conocimiento de los datos de la mezcla asfáltica, utilizando correlaciones con la granulometría de la mezcla y el volumen efectivo de asfalto y el porcentaje de vacíos, expresados como porcentaje.

2.5.4.4.3.2.1. Características de la Estructura

- Se ingresa el espesor en centímetros que será evaluado en el proyecto para posteriormente verificar si cumple con las especificaciones establecidas, también se ingresa la razón de Poisson.
- Se elige cuál método se desea utilizar para la elaboración de la curva maestra y el cálculo del módulo dinámico para cada temperatura mensual. Se dispone de tres modelos, el modelo de Witczak, la calibración nacional Witczak-Lanamme, la cual considera los ligantes asfálticos presentes en el país y el modelo ANN-Lanamme, el cual

utiliza una red neural con datos de ensayos realizados en el Lanamme.

2.5.4.4.3.2.2. Propiedades de Mezcla Asfáltica

- Se debe ingresar la gradación del agregado de la mezcla, escribiendo los porcentajes acumulados retenidos en la malla 3/4, 3/8 y #4, además del porcentaje pasando la malla #200.
- Se ingresa el porcentaje de vacíos de aire y de contenido efectivo de asfalto, los cuales son utilizados en los modelos de predicción del módulo dinámico.

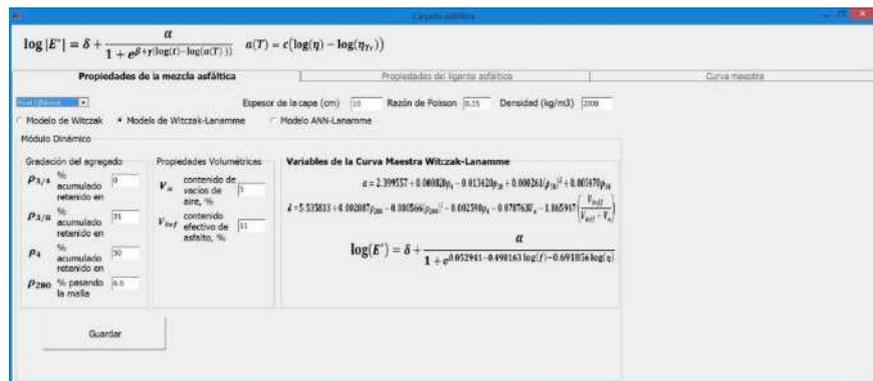


Figura 2.5.9. Ingreso de las propiedades de la mezcla asfáltica en el Nivel 3

2.5.4.4.3.2.3. Propiedades del Ligante Asfáltico

Para definir las propiedades del ligante asfáltico, existen tres niveles de conocimiento de los datos, los cuales para este caso para este trabajo será de Nivel 3, siendo descritos a continuación:

En la Figura 2.5.10 se muestra la ventana del nivel 3 de ingreso de datos del ligante asfáltico. El usuario elegirá una manera de

establecer el valor de A y VTS ya sea con el grado Superpave del ligante, el grado convencional AC o el grado de penetración convencional. En cada uno de los casos se le desplegará una lista de selección con la cual se accede a los valores especificados para cada tipo de ligante. El usuario deberá conocer la propiedad de su ligante para poder seleccionar el valor más adecuado.

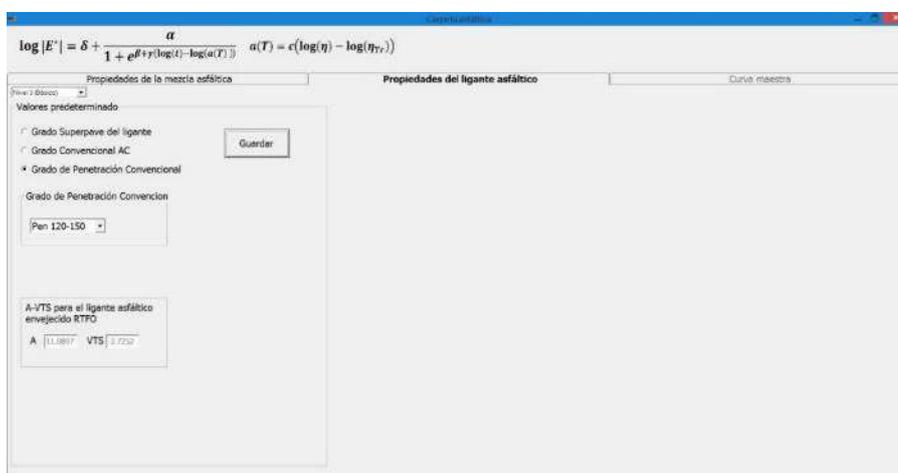


Figura 2.5.10. Nivel 3 de ingreso de datos del ligante asfáltico

2.5.4.4.3.2.4. Graficar Curva Maestra

La curva maestra representa los módulos dinámicos en un rango de frecuencias reducidas. La frecuencia reducida toma en cuenta la frecuencia y la temperatura. Los valores más bajos de la curva maestra representan las temperaturas mayores y las frecuencias menores, es decir las peores condiciones para el pavimento; mientras que los valores mayores representan las temperaturas menores y las frecuencias mayores. Es importante considerar que los valores altos de módulo dinámico pueden producir fatiga, esto se ve

reflejado en el diseño final, por lo tanto, el diseñador debe saber que no siempre un módulo alto representa una mejor condición.

La ventana que se muestra en la Figura 2.5.11, se muestra una curva maestra a la temperatura de referencia. La ventana permite guardar, dando clic al botón Guardar, para continuar. caracterizando las demás capas.

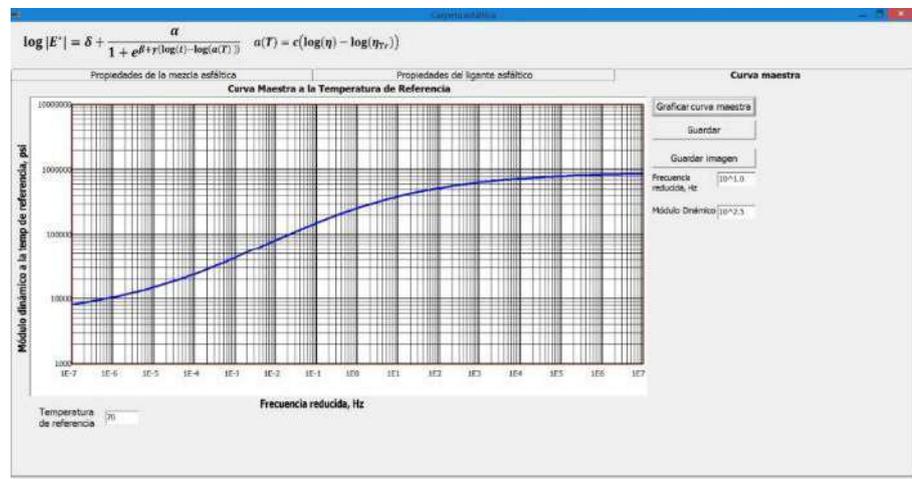


Figura 2.5.11. Curva Maestra

2.5.4.4.3.3. Base y Subbase Granular

Para la caracterización de la base, el usuario contará con varias opciones, puede colocar el caso en que se utiliza la base estabilizada con cemento o ligante o puede caracterizar su capa como una base granular. En el caso de la subbase el usuario podrá diseñarla como una granular con tres niveles distintos de conocimiento. Para efectos de esta investigación se hizo con una base Granular.

En la ventana de ingreso de datos del nivel 3 para bases, subbases y subrasante, aparte de los datos que se describieron en la sección anterior, el usuario deberá digitar ya sea el valor de CBR óptimo o el módulo resiliente en condiciones óptimas de la capa.

2.5.4.4.3.3.1. Características de la Estructura

- **Espesor:** El usuario debe colocar un valor de espesor en centímetros.
- **Razón de Poisson:** La razón de Poisson es un valor entre 0 y 0.5 el cual representa la relación entre la deformación unitaria horizontal y vertical.
- **P200:** Representa el porcentaje pasando la malla #200.
- **Índice de plasticidad:** Representa la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico del suelo.
- **Gravedad específica:** Representa la razón entre la densidad del material y la del agua.
- **Densidad seca máxima:** Al realizar el ensayo Proctor, es la densidad máxima obtenida a la humedad óptima. El valor deberá ser ingresado en kg/m³.
- **Humedad óptima:** Es la humedad obtenida con la densidad máxima en el ensayo Proctor. El valor debe ser ingresado como porcentaje.

- **CBR óptimo:** Si se selecciona ingresar este dato. El software automáticamente estimará el valor del módulo resiliente con la fórmula $Mr=2555 \times CBR^{(0.64)}$. El valor debe ser ingresado como un porcentaje. El ensayo de CBR (California Bearing Ratio), constituye la resistencia del material con respecto a una muestra patrón.
- **Módulo resiliente:** El usuario deberá ingresar el valor del módulo resiliente óptimo estimado. Al ser los materiales granulares esfuerzo-dependiente, este valor debe ser calculado para la presión producida por una carga de 20 KN, tal como la carga de un eje equivalente de carga.

Al finalizar click en el botón Guardar permite al usuario salir de la ventana guardando los datos.

Figura 2.5.12. Ventana de ingreso nivel 3 base granular

2.5.4.4.3.4. Subrasante

Para la subrasante, los datos de entrada son los mismos descritos para bases y subbases granulares. La única diferencia está en que el usuario deberá ingresar el valor de la profundidad hasta la roca, en lugar del valor del espesor de la capa.

2.5.4.4.3.4.1. Características de la Estructura

En la Figura 2.5.13, se logra apreciar la ventana que obtendrá el usuario al caracterizar la subrasante, con los mismos datos de entrada descritos anteriormente en el nivel 3 de conocimiento de la variable.

The screenshot shows a software window titled "Subrasante". At the top, there is a dropdown menu set to "Nivel 3". Below this, there are two input fields: "Profundidad a la roca firme (m)" and "Razón de Poisson". Underneath, there are two more input fields: "P200" and "Índice de plasticidad". A section titled "Gravedad Específica y Proctor Modificado" contains three input fields: "Gravedad específica (Gs)", "Densidad seca máxima (kg/m³)", and "Humedad óptima (%)". Another section titled "Módulo Resiliente" contains two input fields: "CBR diseño (%)" and "Módulo calculado (MPa)". At the bottom center of the window is a "Guardar" button.

Figura 2.5.13. Datos de ingreso subrasante para nivel 3

2.5.4.4.4. Módulo de Modelos de Desempeño

Los modelos incorporados automáticamente son los incorporados en la MEPDG. Sin embargo, el software permite al usuario que introduzca modelos calibrados propios de los materiales de cada país.

El LanammeUCR, gracias a la investigación realizada con el Heavy Vehicle Simulator (HVS), el cual es un programa de ensayo acelerado de pavimentos, ha logrado obtener ecuaciones de predicción del daño por fatiga considerando la disminución del módulo resiliente en las capas no ligadas y el módulo dinámico de la carpeta asfáltica.

Para este propósito, el ensayo con el HVS consiste en ejercer una gran cantidad de pasadas de una carga sobre un pavimento para estimar el efecto a corto plazo de las cargas sobre una estructura determinada de pavimento y así simular el efecto de las cargas en la carretera. Para esto el LanammeUCR utiliza equipo de alta tecnología como el Falling Weight Deflectometer (FWD) el cual es un aparato de determinación del módulo resiliente de manera no destructiva, aplicando una carga al pavimento y midiendo las deflexiones para así estimar mediante una metodología llamada retrocálculo de módulos. La deformación permanente es medida por medio de sensores para cada una de las capas de la estructura del pavimento a lo largo del experimento acelerado.

2.5.4.4.1. Criterios de Aceptación

Al dar click al botón de Modelos, se desplegará una ventana como la mostrada en la Figura 2.5.14, en la cual el diseñador deberá ingresar los valores límite para cada uno de los deterioros que predice el software. Estos datos servirán al usuario para tomar una decisión respecto de si el diseño es adecuado o no.

	Valor límite	Confiabilidad (%)
Agrietamiento longitudinal (pies/milla)	2000	90
Área agrietada piel de cocodrilo (%)	25	90
Ahuellamiento Carpeta asfáltica (mm)	17	90
Ahuellamiento total (mm)	12.5	90

Figura 2.5.14. Criterios de aceptación

2.5.4.4.4.2. Modelos de Desempeño

➤ Agrietamiento de abajo hacia arriba

En la Figura 2.5.15, se muestra el modelo utilizado para predecir la cantidad de repeticiones de carga permitidas por fatiga de abajo hacia arriba. En este caso, se seleccionó la opción en que el usuario coloca los factores propios.

Figura 2.5.15. Modelo de estimación de las repeticiones permitidas por fatiga de abajo hacia arriba

➤ Agrietamiento de arriba hacia abajo

Para el modelo de arriba hacia abajo, la guía MEPDG recomienda utilizar un modelo similar al de la fatiga de abajo hacia arriba, por falta de estudios relacionados con este tipo de deterioro. En la Figura 2.5.16, se muestra el caso en que

el usuario seleccionó los modelos predeterminados por la guía MEPDG.

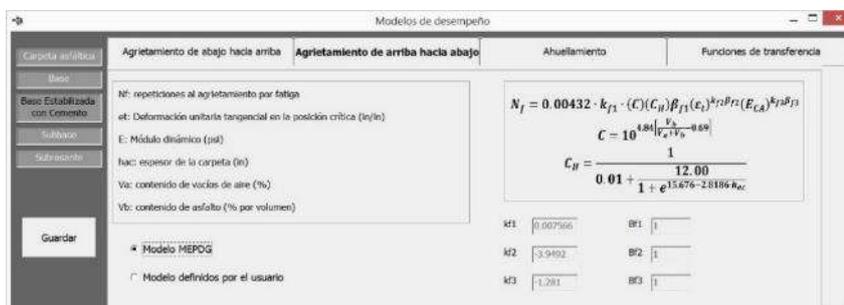


Figura 2.5.16. Modelo de estimación de las repeticiones permitidas por fatiga de arriba hacia abajo

➤ **Ahuellamiento**

Para el ahuellamiento en la carpeta asfáltica, se propone un modelo en función de la temperatura de la carpeta asfáltica, la cantidad de repeticiones de carga, la deformación unitaria vertical en la mitad de la capa y el espesor de la capa. La guía MEPDG propone los modelos que se aprecian en la Figura 2.5.17.

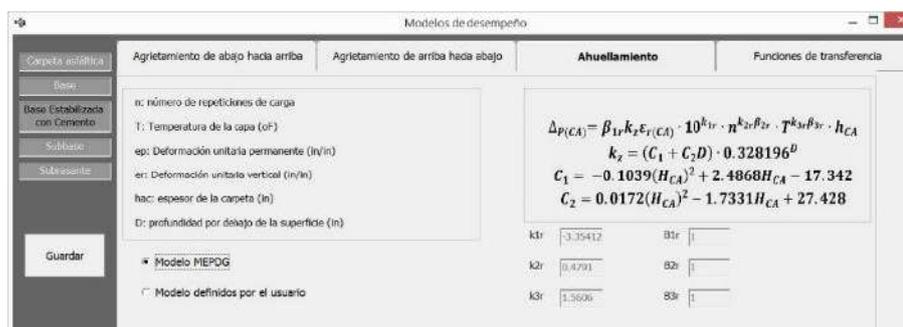


Figura 2.5.17. Modelo de ahuellamiento

➤ **Funciones de transferencia**

Las funciones de transferencia, son modelos de tipo sigmoideal que permiten predecir un deterioro específico a

partir del daño, calculado con la ley de Miner. Se utiliza una función sigmoïdal debido a que permite colocar dos asíntotas.

Los deterioros predichos son el área agrietada, la cual se muestra en el pavimento como agrietamiento piel de lagarto y el agrietamiento longitudinal. El área agrietada se relaciona con el daño por fatiga de abajo hacia arriba y el agrietamiento longitudinal se relaciona con el daño por fatiga de arriba hacia abajo.

Los factores recomendados por la guía MEPDG son los mostrados en la Figura 2.5.18, $C_1 = 1$, $C_2 = 1$ y $C_3 = 6000$ para el área agrietada, mientras que para el agrietamiento longitudinal los factores son: $C_1 = 7$, $C_2 = 3.5$ y $C_3 = 1000$.

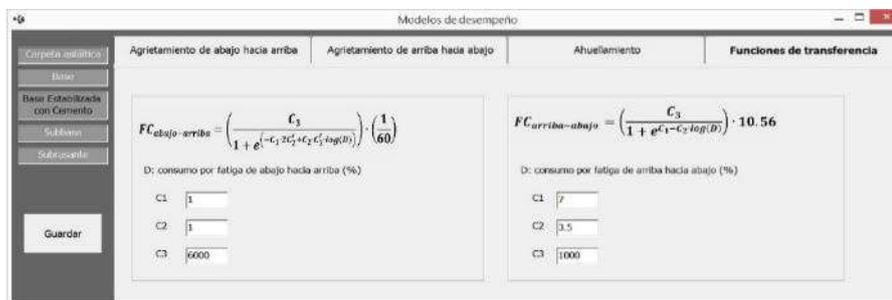


Figura 2.5.18. Funciones de transferencia

Para tomar en cuenta el ahuellamiento en la base y en la subbase, la guía MEPDG recomienda factores de calibración. Estos factores pueden ser modificados por el usuario seleccionando la opción de Modelos definidos por el usuario. El usuario tendrá la posibilidad de seleccionar factores calibrados para materiales granulares o para granulares finos.

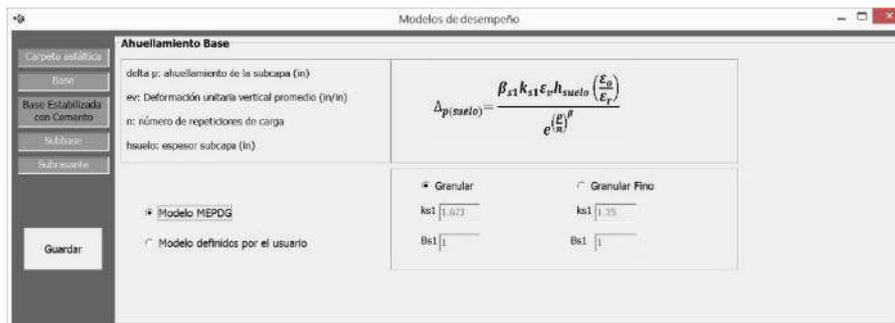


Figura 2.5.19. Ahuellamiento en la base

Los modelos de deformación permanente de la subrasante, son similares a los modelos definidos para la base y la subbase, la única diferencia es que estos deben considerar que la subrasante es una capa infinita. Nuevamente, el usuario puede ingresar sus propios valores.

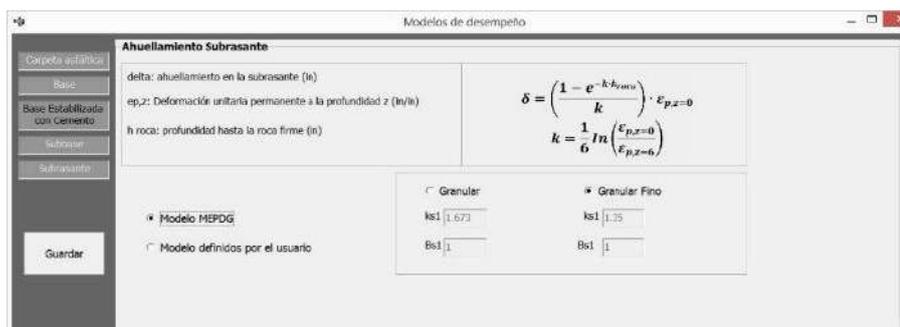


Figura 2.5.20. Ahuellamiento en la subrasante.

2.5.4.5. Salida del Software

2.5.4.5.1. Respuesta de Módulos Resilientes y Dinámicos

El software envía los módulos resilientes mensuales promedio para todo el período de diseño, para cada una de las capas que componen la estructura de pavimento, en el caso de que el usuario haya elegido utilizar ejes equivalentes para caracterizar el tráfico, tal como se muestra en la Figura 2.5.21.

Los módulos resilientes de las capas no ligadas son afectados por las condiciones climáticas presentes en cada mes, las cuales dependen de la temperatura promedio de cada mes y el índice de humedad de Thornthwaite. Algunas capas, debido a sus propiedades físicas, se verán más o menos afectadas por los cambios climáticos. Por ejemplo, una base estabilizada con cemento no presentará modificación por las condiciones climáticas.

Por otra parte, los módulos dinámicos mensuales de la carpeta asfáltica, son afectados por la temperatura promedio mensual de la carpeta asfáltica. Estos módulos dinámicos son obtenidos por el programa utilizando la curva maestra del material.

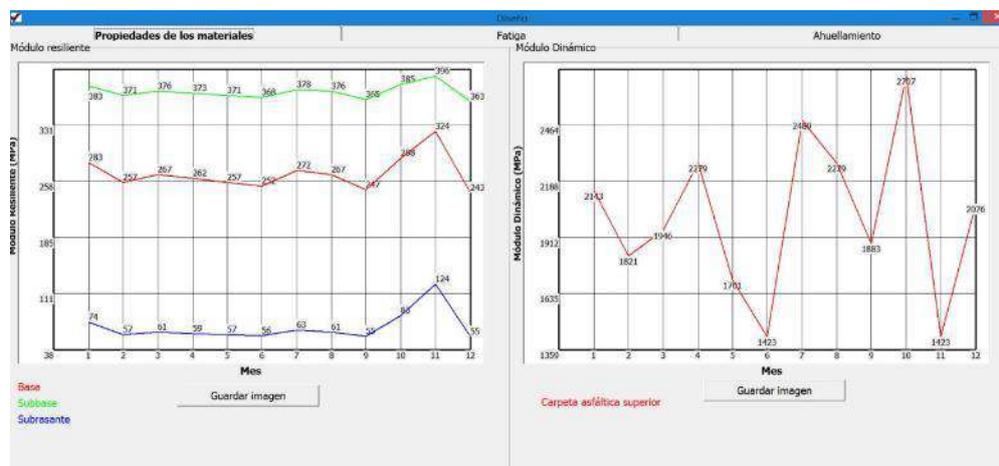


Figura 2.5.21. Módulos resilientes mensuales para las capas no ligadas y módulo dinámico mensual de la carpeta asfáltica

2.5.4.5.2. Respuesta por Fatiga

Los modelos de deterioro por fatiga, se basan en la ley de Miner para estimar el daño producido por el paso de los vehículos a la estructura. El software enviará al usuario el valor de daño por fatiga tanto de arriba hacia abajo, como de abajo hacia arriba.

Basado en los valores de daño obtenidos, se utilizan las funciones de transferencia ingresadas por el usuario para estimar el agrietamiento longitudinal medido en pies por pulgada cuadrada y el porcentaje de área agrietada. El primer deterioro se relaciona con el daño por fatiga de arriba hacia abajo, mientras que el área agrietada o agrietamiento por piel de cocodrilo, se relaciona con la fatiga de abajo hacia arriba.

El software, para ejes equivalentes de carga, suma el daño para cada mes del periodo de diseño. La ventana permite al usuario guardar las imágenes con el daño, el área agrietada y el agrietamiento longitudinal en cada mes del período de diseño en formato *.jpg, además de permitir al usuario visualizar con el puntero cuál es el valor determinado para cada deterioro en cada mes de diseño.

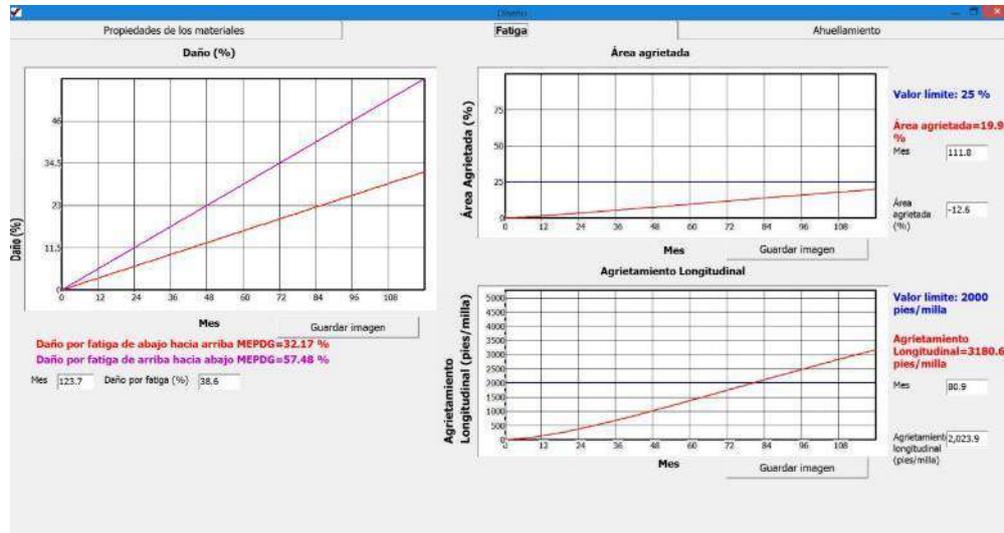


Figura 2.5.22. Daño por fatiga, área agrietada y agrietamiento longitudinal

2.5.4.5.3. Respuesta de Ahuellamiento

Para el ahuellamiento, el software utiliza los modelos colocados por el usuario para la determinación de la deformación permanente en cada una de las capas. El programa utiliza el enfoque de endurecimiento por

fatiga. La curva mostrada en la Figura 2.5.23, muestra el valor en cada uno de los meses del período de diseño. También se muestra el valor al final del período. El usuario podrá guardar la imagen en extensión *.jpg al dar clic en Guardar Imagen, además podrá ver el valor de ahuellamiento en cada mes moviendo el cursor por la imagen.

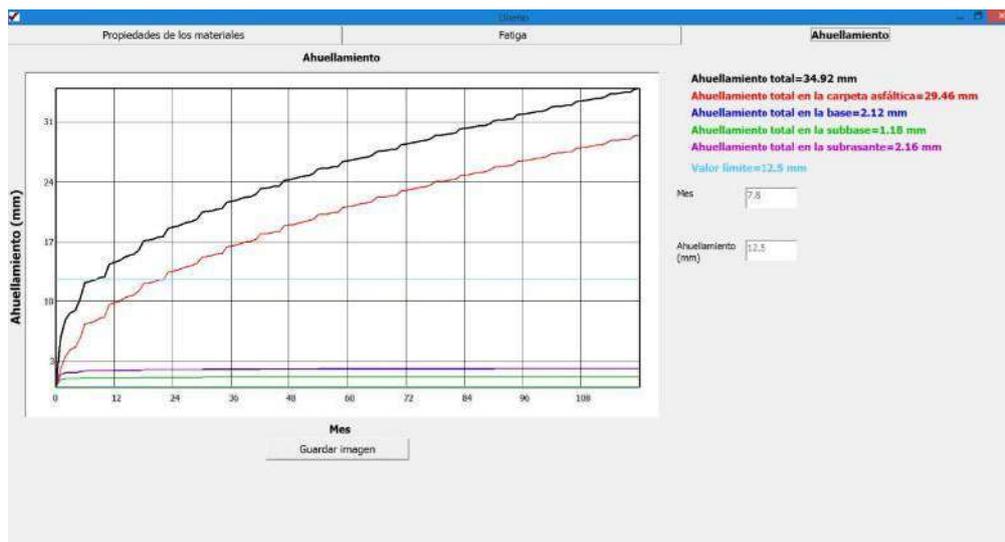


Figura 2.5.23. Ahuellamiento en cada capa

2.6. DEFINICION DE TERMINOS

Ahuellamiento

Es un tipo de defecto o falla que se produce en pavimentos asfálticos, que consiste en una depresión canalizada en la huella de circulación de los vehículos.

Base

Capa generalmente granular, aunque también podría ser suelo estabilizado, de concreto asfáltico, o de concreto hidráulico. Su función principal es servir como elemento estructural de los pavimentos.

Carril de Diseño

Es el carril sobre el que se espera el mayor número de aplicaciones de cargas por eje simple equivalente de 80 KN. Normalmente, será cualquiera de los carriles en una vía de 2 carriles en el mismo sentido, o el carril exterior en una vía de carriles múltiples también en el mismo sentido.

Esal de Diseño

Es el número de aplicaciones de cargas por Eje estándar, previsto durante el periodo de diseño.

Estudio de Cargas

Es un estudio para determinar el peso transportado por cada eje y el número de ejes para cada tipo de camiones pesados.

Factor Camión

Es el número de aplicaciones de cargas por eje simple equivalentes a 80 KN, producidas por una pasada de un vehículo cualquiera del Reglamento Nacional de Vehículos vigente.

Factor de Equivalencia de Cargas

Es un factor utilizado para convertir las aplicaciones de cargas por eje de cualquier magnitud, a un número de cargas por eje simple equivalente a 80 KN.

Módulo de Resiliencia

Es una medida de la propiedad elástica del suelo, reconociéndole ciertas características no lineales. El módulo de Resiliencia se puede usar

directamente en el diseño de pavimentos flexibles, pero debe convertirse a módulo de reacción de la sub-rasante (valor k), para el diseño de pavimentos rígidos o compuestos.

Parámetros de Diseño

Son los valores, características o variables que describen los datos de entrada para el diseño de pavimentos para esta investigación. Estos son de Trafico, materiales, suelo, clima, etc., los que en su conjunto influyen para un determinado comportamiento de la estructura del pavimento que traerá como consecuencia fallas prematuras por deformación permanente si se descuidan estas consideraciones de diseño.

Vías Arteriales

Son vías que permiten conexiones interurbanas con fluidez media, limitada accesibilidad y relativa integración con el uso de las áreas colindantes. Son vías que deben integrarse con el sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales.

Vías Colectoras

Son aquellas que sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales, dando servicio tanto al tránsito vehicular, como acceso hacia las propiedades adyacentes.

Vías Locales

Son aquellas que tienen por objeto el acceso directo a las áreas residenciales, comerciales e industriales y circulación dentro de ellas.

Volumen Promedio Diario

Es el promedio dentro de los vehículos que circulan durante las 24 horas del día.

2.7. MARCO NORMATIVO

- ✓ American Association Of State Highway And Transportation Officials
- ✓ Garnica, P., & Correa, A. (2004). Conceptos mecanicistas en pavimentos. Sanfandila: Instituto Mexicano de Transporte.
- ✓ Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG). (2011). Guía de diseño Mecanístico-Empírico de pavimentos manual práctico (AASHTO) (Versión en español). Lima.
- ✓ Instituto del Asfalto. (1981). GUIA DE DISEÑO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO.
- ✓ Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC). (2016). Manual de Ensayos de Materiales. Lima.
- ✓ Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2013). Manual de Carreteras suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima.
- ✓ Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2014). Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima.
- ✓ Programa de Infraestructura de Transporte (PITRA). (2016). Manual de Usuario Herramienta CR-ME Versión Beta. LanammeUCR, Unidad de Materiales y Pavimentos, San José.
- ✓ Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2013). Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima: Megabyte.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. TIPO DE INVESTIGACION

Cuasi experimental

3.2. NIVEL DE INVESTIGACION

El presente estudio es una investigación de Nivel cuasi experimental, pues es el que mejor se adapta a las necesidades propias del trabajo de investigación

El diseño cuasi experimental busca relacionar y comparar el diseño de pavimento flexible del método CR-ME 2014 con el método del Instituto del asfalto.

3.3. UNIDAD DE ANALISIS

Patrón de investigación: Objeto

Pavimento del A.H. Los jardines – Nuevo Chimbote - Ancash

3.4. UBICACIÓN

A.H. Los jardines – Nuevo Chimbote - Ancash

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

Población: Vías del A.H. Los jardines – Nuevo Chimbote - Ancash

Muestra: Todas las vías sin pavimentar del A.H. Los jardines – Nuevo Chimbote - Ancash

3.6. VARIABLES

3.6.1. Variable Independiente

Métodos de Diseño del Instituto de Asfalto y Mecanístico-Empírico CR-ME 2014.

3.6.2. Variable Dependiente

Diseño óptimo de la estructura de Pavimento Flexible.

3.6.3. Matriz de Consistencia

Tabla 3.6.1.

Matriz de Consistencia.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
Problema General	Objetivo General	Hipótesis de la Investigación	Variable Independiente
¿Cuál de los métodos de diseño del Instituto del Asfalto y Mecanístico-Empírico CR-ME 2014, será el más óptimo para el diseño de la estructura del pavimento flexible del A. H. Los Jardines - Nuevo Chimbote?.	Determinar el método más óptimo para el diseño de la estructura de pavimento flexible del A. H. Los Jardines - Nuevo Chimbote, con los métodos de diseño del Instituto del Asfalto y Mecanístico-Empírico CR-ME 2014.	La obtención de parámetros para el diseño de pavimento flexible, permitirá realizar un análisis comparativo técnico y económico de los métodos del Instituto del Asfalto y Mecanístico-Empírico CR-ME 2014, para poder determinar el diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible en el A. H. Los Jardines - Nuevo Chimbote.	Métodos de Diseño del Instituto de Asfalto y Mecanístico-Empírico CR-ME 2014.
Problemas Específicos	Objetivo Específicos		Variable Dependiente
¿Es posible obtener los parámetros de diseño de pavimento flexible, para poder aplicar los métodos del Instituto del Asfalto y Mecanístico-Empírico CR-ME 2014, en el A. H. Los Jardines - Nuevo Chimbote?.	Obtener los parámetros de diseño de pavimento flexible, para la aplicación de los métodos del Instituto del Asfalto y Mecanístico-Empírico CR-ME 2014, en el A. H. Los Jardines - Nuevo Chimbote.		
¿Es posible que mediante un análisis comparativo técnico y económico de los métodos de diseño del Instituto del Asfalto y Mecanístico-Empírico CR-ME 2014, se pueda obtener el diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible?.	Realizar un análisis comparativo técnico y económico de los métodos de diseño del Instituto del Asfalto y Mecanístico-Empírico CR-ME 2014, para poder obtener el diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible.		Diseño óptimo de la estructura de Pavimento Flexible.
¿Es posible que los resultados obtenidos por los software's, se puedan analizar e interpretar?.	Analizar e interpretar los resultados obtenidos por los software's.		

Fuente: Elaboración propia.

3.6.4. Operacionalización de Variables

OBJETIVO GENERAL: Determinar el método más óptimo para el diseño de la estructura de pavimento flexible del A. H. Los Jardines - Nuevo Chimbote, con los métodos de diseño del Instituto del Asfalto y Mecanístico-Empírico CR-ME 2014.

Tabla 3.6.42.

Operacionalización de Variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Independiente			
Métodos de Diseño del Instituto de Asfalto y Mecanístico-Empírico CR-ME 2014.	<p>* El método del Instituto del Asfalto de los EE UU, considera al pavimento como como un sistema elástico multicapa (capa de rodadura asfáltica con base y subbase granulares), que, mediante la utilización de conceptos teóricos, experimentales, resultados de ensayos de laboratorios y programas de computador, permiten optimizar los espesores de la estructura de pavimento y el chequeo del cumplimiento de los criterios de fatiga y ahuellamiento.</p> <p>* El método Mecanístico-Empírico CR-ME 2014, desarrollado en el PITRA-Lanamme-UCR, a través de su Unidad de Materiales y Pavimentos (UMP) de Costa Rica, en base a las Metodología del AASHTO que se están desarrollando en los EE UU. Permite predecir la respuesta de la estructura del pavimento como esfuerzo, deformaciones y deflexiones a lo largo de su vida útil, siendo necesario una adecuada caracterización de las propiedades de los materiales, así como la de las variables climáticas, las cargas impuestas por el tráfico, relacionados con una adecuada metodología de análisis para la zona de estudio.</p>	<p>Parámetros de diseño del Método del Instituto de Asfalto</p> <p>Parámetros de diseño del Método Mecanístico-Empírico CR-ME 2014</p>	<p>* Periodo de diseño</p> <p>* ESAL de Diseño</p> <p>* Módulo de Resiliencia</p> <p>* Tipo de Base Agregado</p> <p>* Tránsito (ESAL)</p> <p>* Clima (IT y TPM)</p> <p>* Materiales (N° y características de Capas)</p> <p>* Criterios de aceptación (Valores límites de deterioro)</p> <p>* Modelos de desempeño (Ecuaciones de deterioro y funciones de transferencia)</p>
Variable Dependiente			
Diseño óptimo de la estructura de Pavimento Flexible.	Diseño del pavimento descrito a nivel técnico en determinar el mejor tipo, número capas y espesor de la estructura y, a nivel económico al menor costo posible, cumplimiento con los criterios de aceptación, logrando así satisfacer el desempeño esperado durante el periodo diseño del pavimento.	<p>Análisis comparativo técnico-estructural.</p> <p>Análisis comparativo económico</p>	<p>* Estructura</p> <p>* Valores de entrada</p> <p>* Consideraciones</p> <p>* Análisis de Precios Unitarios</p> <p>* Presupuesto</p>

Fuente: Elaboración propia.

3.7. INSTRUMENTOS

Se ha empleado los siguientes instrumentos de recolección de datos:

- Estudio de tráfico y cargas, se hizo a través del conteo vehicular mediante la observación y medición con los formatos del MTC.
- Estudio de mecánica de suelos, donde se ha tomado muestras de suelo para los ensayos con el uso de equipos de laboratorio, además se utilizó libreta de campo, muestradores, bolsa de polietileno, tamices, probetas, moldes Proctor, balanzas electrónicas, máquina de abrasión y estufas.
- Estudio climatológico y pluviométrico, se tomaron datos estadísticos de los últimos años que dio el SENAMHI, respecto al régimen de precipitaciones y medioambientales de la zona de estudio.

En resumen, los principales materiales y herramientas para la recolección de datos fueron:

- Mapas y planos distritales
- Computadora instalados software de diseños viales.
- Cámara digital fotográfica.

3.8. PROCEDIMIENTOS

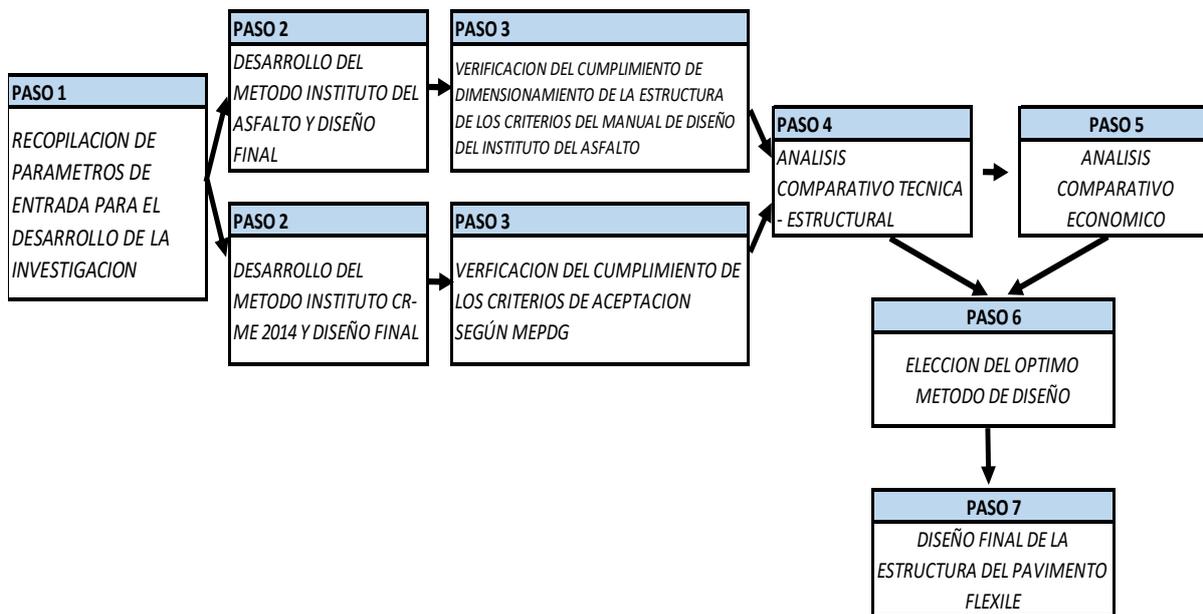


Figura 3.8.1. Esquema del procesamiento de la información

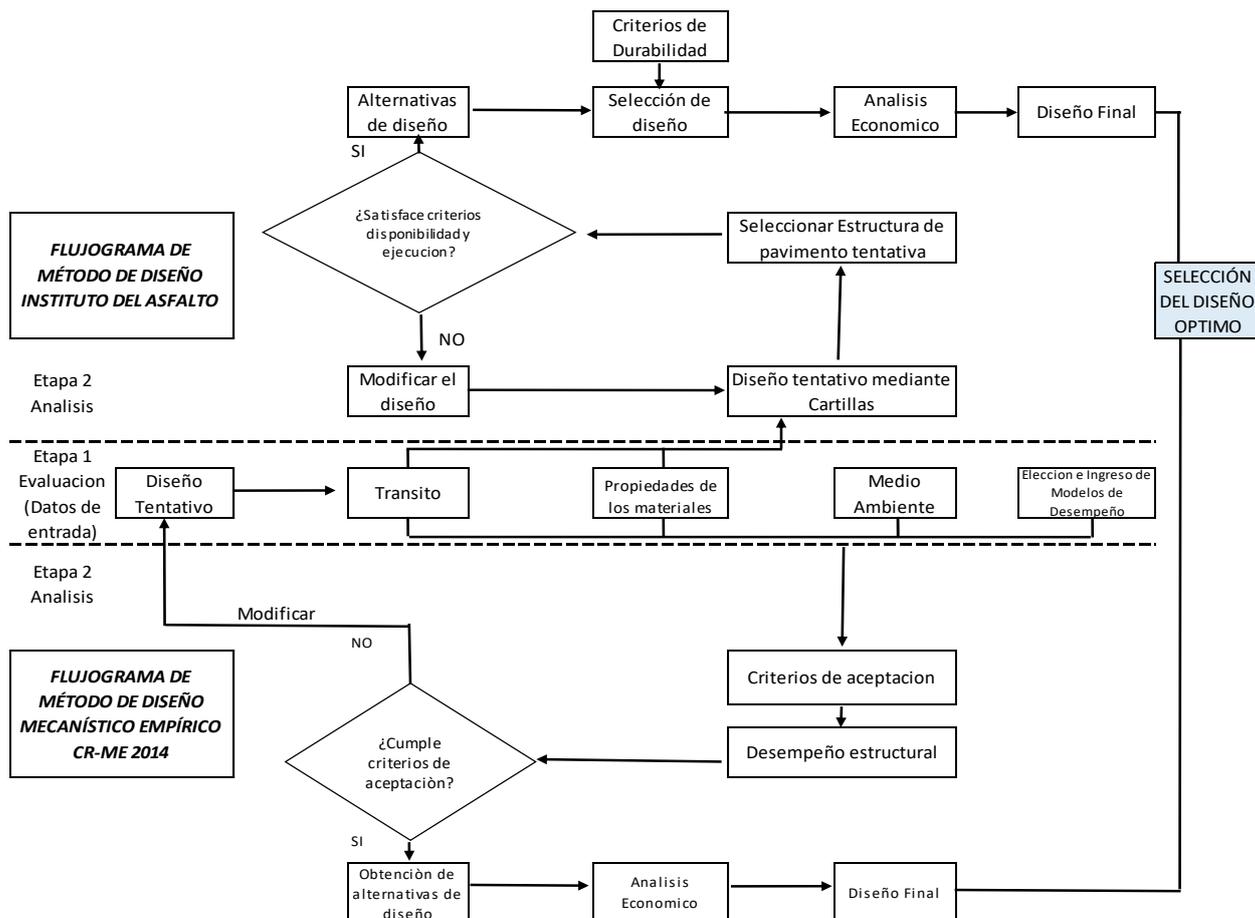


Figura 3.8.2. Flujograma

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Método de Diseño del Instituto de Asfalto

4.1.1.1. Datos o Variables de Entrada

a) Periodo de Diseño

Se asumió un periodo de diseño de 20 años para vías locales, debido a que este método se basa en ese periodo.

b) ESAL de Diseño

Del estudio de Trafico y cargas se obtuvo el siguiente resultado:

$$\text{ESAL (Nrep de EE (8.2 Ton))} = 1892165.7030$$

c) Determinación del CBR y del Módulo de Resiliencia

El módulo resiliente de diseño de la sub rasante se define utilizando los valores de la siguiente tabla de percentil del diseño (%) en relación al nivel de tráfico ya obtenido.

Tabla 4.1.1.

Valor Percentil del CBR al 95% de la MDS por Nivel de Transito

Nivel de transito	Valor percentil para diseño de subrasante
< de 10,000 ESAL `s	60
Entre 10,000 y 1,000,000 ESAL `s	75
> de 1,000,000 ESAL `s	87.5

Fuente: Instituto del Asfalto (MS-1) 1991

$$\text{CBR (\%)} = 14.83$$

$$\text{Mr(psi)} = 2555 * \text{CBR}^{0.64}$$

$$\text{Mr(psi)} = 14354.93$$

d) Tipo de Bases

Se utilizó para el Diseño de pavimento Bases no tratadas.

e) Resumen de los parámetros

En la siguiente Tabla se muestran los parámetros calculados para determinar los espesores de la estructura del pavimento flexible.

Tabla 4.1.2.

Parámetros obtenidos por el Método del Instituto del Asfalto

Periodo de Diseño	20 años
ESAL de Diseño	1892165,703
Módulo de Resiliencia	14354.93
Tipo de Base Agregado	No Tratada

Fuente: Elaborado por los autores

f) Dimensionamiento del Pavimento

- En la Figura 4.1.1, corresponde a una base de agregados no tratados de 10” de espesor, se parte del eje horizontal con Equivalente 18,000 lb, carga eje simple de $1\ 892,165.7030 = 1.89 \times 10^6$ y del eje vertical con el módulo de resiliencia de la subrasante, M_r , en psi de $14354.93 = 1.44 \times 10^4$, donde ambos se intersecan en 6.5 pulg. de espesor para el concreto asfáltico.

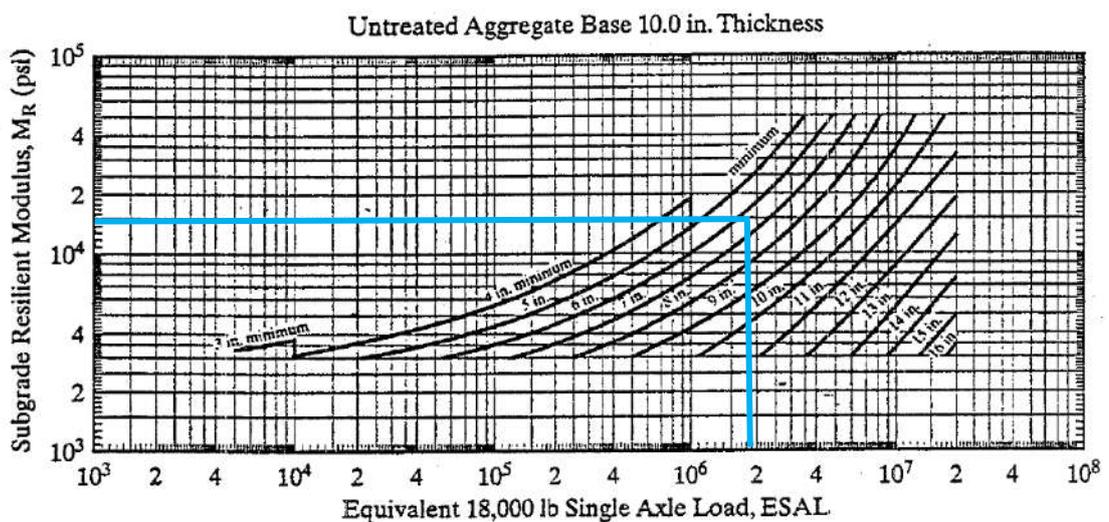


Figura 4.1.1. Cartilla para base no tratada de 10 Pulg. de Espesor

Fuente: (Instituto del Asfalto, 1981)

- En la Figura 4.1.2, corresponde a una base de agregados no tratados de 12” de espesor, se parte del eje horizontal con Equivalente 18,000 lb, carga eje simple de $1\ 892,165.7030 = 1.89 \times 10^6$ y del eje vertical con el módulo de resiliencia de la subrasante, M_r , en psi de $14354.93 = 1.44 \times 10^4$, donde ambos se intersecan en 6.5 pulg. de espesor para el concreto asfáltico.

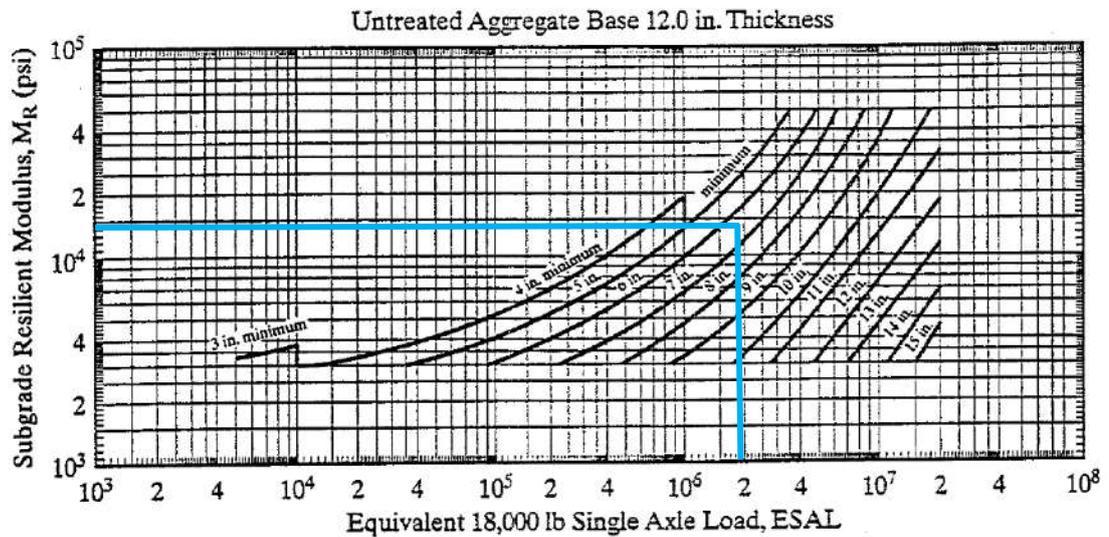


Figura 4.1.2. Cartilla para base no tratada de 12 Pulg. de Espesor

Fuente: (Instituto del Asfalto, 1981)

4.1.1.2. Alternativa elegida:

Según los diseños calculados, se debe tener criterio al elegir con que espesor de base se diseñará, por lo que tiene que garantizar tanto su funcionalidad respecto a durabilidad; pero sin pasar por alto el aspecto económico.

Al ser nuestro periodo de diseño para 20 años, consideramos usar capas granulares de 12” de espesor y una carpeta asfáltica de 6.5” para otorgarle una mayor resistencia y durabilidad a nuestro pavimento. Para este caso, 6” de las 12” de capas granulares podrán constituirse con

material que presente las características de base y el resto con material apto para sub base.

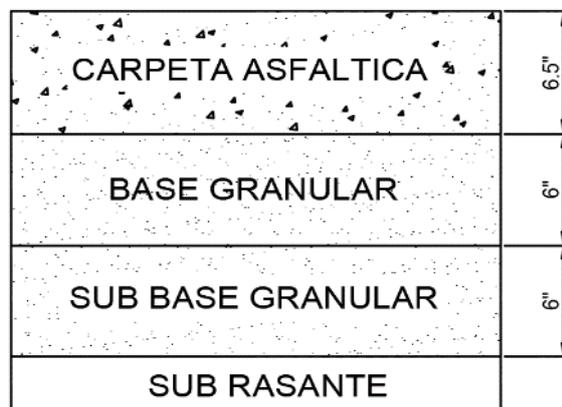


Figura 4.1.3. Propuesta de Diseño según el Instituto del Asfalto

Fuente: Elaborado por los autores

4.1.2. Método de Diseño Mecanístico-Empírico CR-ME 2014

4.1.2.1. Diseño con la Interfaz o Software del CR-ME 2014

4.1.2.1.1. información del proyecto

La ubicación o zona de la investigación fue el A. H. Los Jardines, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia Del Santa, Región Ancash. La fecha de referencia para el término de la construcción fue 20 de setiembre del 2019.

Proyecto	
Ubicación	A.H. LOS JARDINES
Identificación del proyecto	TESIS DE PREGRADO
Identificación de la sección	MECANÍSTICO-EMPÍRICO
Fecha de la construcción	20/09/2019 Día/ Mes/ Año
Descripción	UNIVER. NACIONAL DEL SANTA

Figura 4.1.4. Información del proyecto

4.1.2.1.2. Características del Proyecto

a) Velocidad operacional

La velocidad de diseño que se asignó fue de 40 km/h, tomando como referencia al IMDA obtenido del estudio de tráfico que fue de 2274, se clasifica como Carretera de Primera Clase, y además al tener pendiente transversal menor a 10% es de orografía plana, según la tabla 204.01 del Manual de Diseño Geométrico DG-2018, correspondería a 60 Km/h; pero al ser vía local, asumimos el valor mencionado al inicio.

b) Ancho de carril

El ancho de carril que se optó fue de 2.70 m, por ser vía local secundaria, según el artículo 8, capítulo II: Diseño de vía, Norma GH. 020 del RNE.

c) Periodo de diseño

Se asumió un periodo de diseño de 20 años para vías locales o pavimentadas de bajo tránsito, según AASHTO 93.

d) Zigzagueo lateral

Se consideró esta característica para tránsito, debido a que los vehículos cambian de ubicación de las huellas del neumático, siendo esta variable a lo ancho del carril, especialmente en las curvas e intersecciones y por la variada longitud de los ejes.

Características del proyecto

Velocidad operacional (km/h)	<input type="text" value="40"/>
Ancho de carril (m)	<input type="text" value="2.7"/>
Período de diseño (años)	<input type="text" value="20"/>

Considerar el efecto del Zigzagado Lateral

Sí

No

Figura 4.1.5. Características del proyecto

4.1.2.2. Datos de Entrada

4.1.2.2.1. Módulo Transito

4.1.2.2.1.1. Cálculo de Ejes Equivalentes de Carga (ESAL)

Del estudio de Trafico se obtuvo el siguiente resultado:

ESAL (Nrep de EE(8.2 Ton)) = 1892165.7030.

Este valor incluye el ESAL durante la construcción, trafico atraído y generado, siendo estos valores 0. Con un nivel de confiabilidad y factor de amplificación es 1. Para mayor detalle del estudio de tráfico se muestra en los Anexos N° 05, 06, 07, 08 y 09.

Tránsito

Archivo Salir

Nivel 3 (Básico)

Ejes Equivalentes de Carga (ESAL)

Cálculo de ejes equivalentes de 8.2 T con series históricas
 Cálculo de ejes equivalentes de 8.2 T sin series históricas (AASHTO 93)

N (8.2 T)

TPD año inicial (TPDi)
 Crecimiento vehicular (%)
 Factor de distribución direccional(%)

Factor de distribución por carril (%)

Tipos de	Porcentaje del TPD	Factor daño
Automóviles	0	0
Buses	0	0
C2P	0	0
C2G	0	0
C3	0	0
C3S2	0	0
C3S3	0	0

Nivel de confianza de la variable Tránsito (%)
 Factor de amplificación

ESAL calculado

Figura 4.1.6. Cálculo de ejes equivalentes de carga (ESAL)

4.1.2.2.2. Módulo de Clima

4.1.2.2.2.1. Caracterización Climática

La temperatura media mensual (TMM) se obtuvo a partir de las temperaturas máximas y mínimas mensuales brindado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). El cálculo del índice de Thornthwaite o de evapotranspiración se detalla en el Anexo N° 10

Clima
Archivo Salir

Caracterización climática

Mes	Índice de Thornwaite (TMI)	Temperatura promedio mensual (oC)
Enero	95.04	21.65
Febrero	92.67	22.60
Marzo	101.39	22.65
Abril	82.18	21.05
Mayo	67.51	19.05
Junio	58.91	18.20
Julio	57.95	17.70
Agosto	57.37	17.50
Setiembre	56.00	17.40
Octubre	62.70	17.90
Noviembre	68.60	18.80

Figura 4.1.7. Caracterización climática

4.1.2.2.3. Módulo Materiales

4.1.2.2.3.1. Numero de Subcapas por Capas

La estructura típica del número de capas del pavimento asfáltico utilizado en el país es como la que se muestra:

Cantidad de capas
Archivo Salir

Dé click sobre la capa que desea caracterizar

Cantidad de subcapas por capa

Cantidad de capas

Carpeta asfáltica ▾

Base ▾

Subbase ▾

- CA 1
- B 1
- SB 1
- SG

Figura 4.1.8. Cantidad de capas del pavimento

4.1.2.2.3.2. Carpeta Asfáltica

4.1.2.2.3.2.1. Características de la Estructura

Para un nivel de análisis 3, se ingresó el valor de espesor de la capa de 12.5 cm, razón de Poisson de 0.33, y una densidad de mezcla asfáltica de 2300 kg/m³. Se empleó como modelo de análisis de Witczak-Lanamme.

$$\log |E^*| = \delta + \frac{\alpha}{1 + e^{\beta + \gamma(\log(t) - \log(a(T)))}}$$

$$a(T) = c(\log(\eta) - \log(\eta_{Tr}))$$

Propiedades de la mezcla asfáltica **Propiedades del ligante asfáltico**

Nivel 3 (Básico) Espesor de la capa (cm) 12.5 Razón de Poisson 0.33 Densidad (kg/m³) 2300

Modelo de Witczak Modelo de Witczak-Lanamme Modelo ANN-Lanamme

Figura 4.1.9. Características de la estructura de la carpeta asfáltica

4.1.2.2.3.2.2. Propiedades de Mezcla Asfáltica

Del ensayo de Lavado asfáltico de la muestra (Anexo N° 13), tomada como referencia, se obtuvieron los siguientes datos de la granulometría, contenido del asfalto y de vacíos, ingresados en el software.

$$\log |E^*| = \delta + \frac{\alpha}{1 + e^{\beta + \gamma(\log(t) - \log(a(T)))}}$$

$$a(T) = c(\log(\eta) - \log(\eta_{Tr}))$$

Propiedades de la mezcla asfáltica

Nivel 3 (Básico) Espesor

Modelo de Witczak Modelo de Witczak-Lanamme

Módulo Dinámico

Gradación del agregado		Propiedades Volumétricas	
$P_{1/4}$	% acumulado retenido en la	V_a	contenido de vacíos de aire, %
	0		5
$P_{3/8}$	% acumulado retenido en la	V_{bef}	contenido efectivo de asfalto, %
	15.05		5.8
P_4	% acumulado retenido en la		
	42.43		
P_{200}	% pasando la malla		
	4.05		

Figura 4.1.10. Propiedades de la mezcla asfáltica

4.1.2.2.3.2.3. Propiedades del Ligante Asfáltico

El cemento asfáltico utilizado en la mezcla asfáltica de la muestra fue el tipo PEN 60/70, que es el más empleado en nuestro medio.

Figura 4.1.11. Propiedades del ligante asfáltico

4.1.2.2.3.2.4. Curva Maestra

Con los valores ingresados es posible graficar la curva maestra, que muestra la variación del módulo dinámico

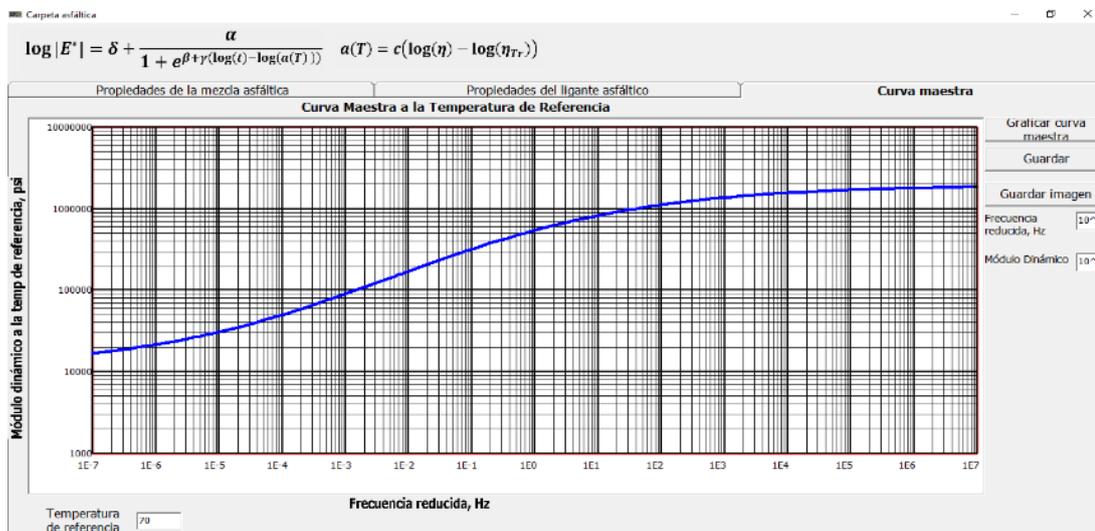


Figura 4.1.12. Curva maestra de la mezcla asfáltica

4.1.2.2.3.3. Base y Subbase Granular

4.1.2.2.3.3.1. Características de la Estructura

Para la base y subbase se usó el material de la cantera San Pedrito. El valor del espesor de la capa para ambas fue de 15 cm, razón de Poisson de 0.35 y 0.36 respectivamente. Los demás valores que se muestran, se obtuvieron de los ensayos de Granulometría, Proctor modificado y CBR (Anexo N° 11).

Base

Base granular Nivel 3 (Básico)

Espesor (cm) 15 Razón de Poisson 0.35

Nivel 3 (Básico)

P200 (%) 6.13 Índice de plasticidad 0

Gravedad Específica y Proctor Modificado

Gravedad específica (Gs) 2.65

Densidad seca máxima (kg/m3) 2419

Humedad óptima (%) 5.56

Módulo Resiliente

CBR óptimo (%) 44.70 Módulo resiliente (MPa) 200.5

Figura 4.1.13. Características de la Base Granular

Subbase

Nivel 3 (Básico)

Espesor (cm) 15 Razón de Poisson 0.36

Nivel 3 (Básico)

P200 6.13 Índice de plasticidad 0

Gravedad Específica y Proctor Modificado

Gravedad específica (Gs) 2.65

Densidad seca máxima (kg/m3) 2419

Humedad óptima (%) 5.56

Módulo Resiliente

CBR óptimo (%) 44.70 Módulo resiliente (MPa) 200.5

Figura 4.1.14. Características de la Sub Base Granular

4.1.2.2.3.4. Subrasante

4.1.2.2.3.4.1. Características de la Estructura

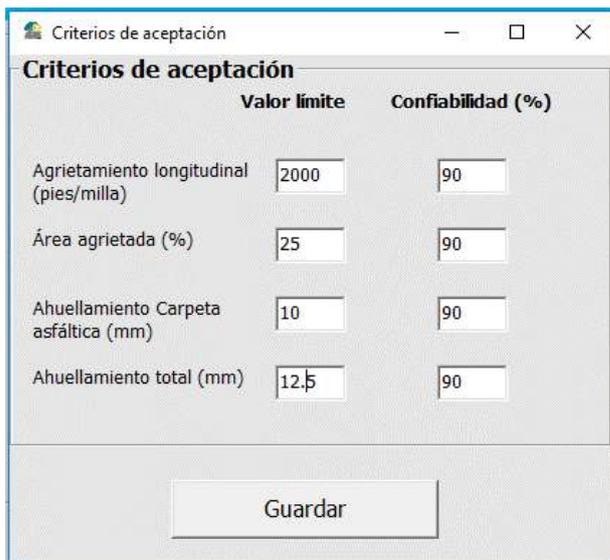
Para la subrasante de la zona, se consideró como profundidad de roca firme de 8 m. y razón de Poisson de 0.4. Los demás valores fueron obtenidos por los respectivos ensayos de Granulometría (Anexo N° 01, Proctor modificado (Anexo N° 02) y CBR (Anexo N° 03)

Figura 4.1.15. Características de la Sub Base Granular

4.1.2.2.4. Módulo de Modelos de Deterioro

4.1.2.2.4.1. Criterios de Aceptación

Los valores limites o de criterios de aceptación usados para los deterioros, son los establecidos por la guía MEPDG del AASHTO 2008, todos con un nivel de confiabilidad de 90 %.



	Valor limite	Confiabilidad (%)
Agrietamiento longitudinal (pies/milla)	2000	90
Área agrietada (%)	25	90
Ahuellamiento Carpeta asfáltica (mm)	10	90
Ahuellamiento total (mm)	12.5	90

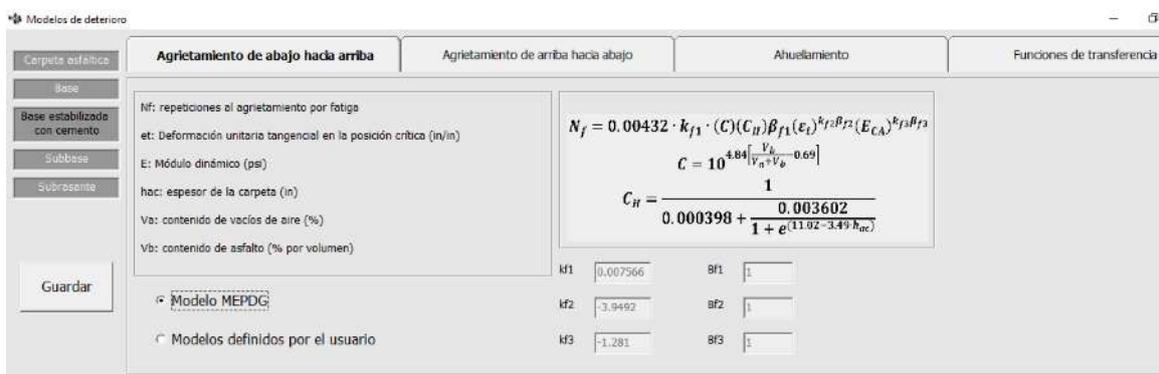
Guardar

Figura 4.1.16. Criterios de aceptación de deterioro

4.1.2.2.4.2. Modelos de Deterioro

a) Carpeta Asfáltica

Los modelos de deterioro para agrietamiento de abajo hacia arriba, de arriba hacia abajo, basados en la estimación de repetición de cargas permitidas para la fatiga, y de ahuellamiento de la esta capa, se utilizó el modelo MEPDG, debido a la falta y limitaciones del estudio para la asignación de valores calibrados.



Arietamiento de abajo hacia arriba

Nf: repeticiones al agrietamiento por fatiga
 et: Deformación unitario tangencial en la posición crítica (in/in)
 E: Módulo dinámico (ps)
 h: espesor de la carpeta (in)
 Va: contenido de vacíos de aire (%)
 Vb: contenido de asfalto (% por volumen)

Modelo MEPDG
 Modelos definidos por el usuario

$$N_f = 0.00432 \cdot k_{f1} \cdot (C)(C_H)\beta_{f1}(e_t)^{k_{f2}\beta_{f2}}(E_{CA})^{k_{f3}\beta_{f3}}$$

$$C = 10^{4.84\left[\frac{V_a}{V_a^*} - 0.69\right]}$$

$$C_H = \frac{1}{0.000398 + \frac{0.003602}{1 + e^{(11.92 - 3.49)h_{ac}}}}$$

kf1: 0.007566 bf1: 1
 kf2: -3.9492 bf2: 1
 kf3: -1.281 bf3: 1

Figura 4.1.17. Modelo de estimación de las repeticiones permitidas por fatiga de abajo hacia arriba

Modelos de deterioro

Carpetas asfálticas

Base

Base estabilizada con cemento

Subbase

Subrasante

Guardar

Agrietamiento de abajo hacia arriba

Agrietamiento de arriba hacia abajo

Ahuellamiento

Funciones de transferencia

Nf: repeticiones al agrietamiento por fatiga
 et: Deformación unitaria tangencial en la posición crítica (in/in)
 E: Módulo dinámico (psi)
 hac: espesor de la carpeta (in)
 Va: contenido de vacíos de aire (%)
 Vb: contenido de asfalto (% por volumen)

Modelo MEPDG
 Modelos definidos por el usuario

$$N_f = 0.00432 \cdot k_{f1} \cdot (C)(C_R)\beta_{f1}(e_t)^{k_{f2}}\beta_{f2}(E_{CA})^{k_{f3}}\beta_{f3}$$

$$C = 10^{4.84 \left[\frac{V_b}{V_a + V_b} - 0.69 \right]}$$

$$C_H = \frac{1}{0.01 + \frac{12.00}{1 + e^{15.676 - 2.8186 h_{ac}}}}$$

kf1: 0.007566 kf2: -3.9492 kf3: -1.281
 Bf1: 1 Bf2: 1 Bf3: 1

Figura 4.1.18. Modelo de estimación de las repeticiones permitidas por fatiga de arriba hacia abajo

Modelos de deterioro

Carpetas asfálticas

Base

Base estabilizada con cemento

Subbase

Subrasante

Guardar

Agrietamiento de abajo hacia arriba

Agrietamiento de arriba hacia abajo

Ahuellamiento

Funciones de transferencia

n: número de repeticiones de carga
 T: temperatura de la capa (oF)
 ep: Deformación unitaria permanente (in/in)
 er: Deformación unitaria resiliente (in/in)
 hac: espesor de la carpeta (in)
 h roca: profundidad hasta la roca firme (in)

Modelo MEPDG
 Modelos definidos por el usuario

$$\Delta P_{(CA)} = \beta_{1r} k_z \varepsilon_{V(CA)} \cdot 10^{k_{1r}} \cdot n^{k_{2r}} \beta_{2r} \cdot T^{k_{3r}} \beta_{3r} \cdot h_{CA}$$

$$k_2 = (C_1 + C_2 D) \cdot 0.328196^D$$

$$C_1 = -0.1039(H_{CA})^2 + 2.4868H_{CA} - 17.342$$

$$C_2 = 0.0172(H_{CA})^2 - 1.7331H_{CA} + 27.428$$

k1r: -3.35412 k2r: 0.4791 k3r: 1.5006
 B1r: 1 B2r: 1 B3r: 1

Figura 4.1.19. Modelo de ahuellamiento

Para las funciones de transferencia se usaron de igual manera los factores recomendados por el MEPDG, para área agrietada los factores son: C1=1, C2=1, C3=6000, mientras que para agrietamiento longitudinal son: C1=7, C2=3.5, C3=1000.

Modelos de deterioro

Carpetas asfálticas

Base

Base estabilizada con cemento

Subbase

Subrasante

Guardar

Agrietamiento de abajo hacia arriba

Agrietamiento de arriba hacia abajo

Ahuellamiento

Funciones de transferencia

D: daño por fatiga de abajo hacia arriba (%)

$$FC_{abajo-arriba} = \left(\frac{C_3}{1 + e^{(-C_1 2 C_2^2 + C_2^2 \log(D))}} \right) \cdot \left(\frac{1}{60} \right)$$

C1: 1 C2: 1 C3: 6000

D: daño por fatiga de arriba hacia abajo (%)

$$FC_{arriba-abajo} = \left(\frac{C_3}{1 + e^{C_1 - C_2 \log(D)}} \right) \cdot 10.56$$

C1: 7 C2: 3.5 C3: 1000

Figura 4.1.20. Funciones de transferencia

b) Base y Sub base

Para el ahuellamiento de la Base y Subbase, se utilizó también el modelo MEPDG, ambos materiales granulares.

Modelos de deterioro

Ahuellamiento Base

Carpeta asfáltica

Base

Base estabilizada con cemento

Subbase

Subrasante

Guardar

delta p: ahuellamiento de la subcapa

ev: deformación unitaria vertical promedio (in/in)

n: número de repeticiones de carga

h: espesor subcapa (in)

$$\Delta_{p(suelto)} = \frac{\beta_{s1} k_{s1} \epsilon_v h_{suelto} \left(\frac{\epsilon_o}{\epsilon_r}\right)}{e^{\left(\frac{\rho}{n}\right)^{\beta}}$$

Modelo MEPDG
 Modelos definidos por el usuario

Granular
 Granular fino

ks1
 ks1

Bs1
 Bs1

Figura 4.1.21. Ahuellamiento en la Base

Modelos de deterioro

Ahuellamiento Subbase

Carpeta asfáltica

Base

Base estabilizada con cemento

Subbase

Subrasante

Guardar

delta p: ahuellamiento de la subcapa

ev: deformación unitaria vertical promedio (in/in)

n: número de repeticiones de carga

h: espesor subcapa (in)

$$\Delta_{p(suelto)} = \frac{\beta_{s1} k_{s1} \epsilon_v h_{suelto} \left(\frac{\epsilon_o}{\epsilon_r}\right)}{e^{\left(\frac{\rho}{n}\right)^{\beta}}$$

Modelo MEPDG
 Modelos definidos por el usuario

Granular
 Granular fino

ks1
 ks1

Bs1
 Bs1

Figura 4.1.22. Ahuellamiento en la Sub Base

c) Subrasante

Para el ahuellamiento de la Subrasante, se utilizó nuevamente el modelo MEPDG, siendo en este caso considerado como material granular fino.

Modelos de deterioro

Ahuellamiento Subrasante

delta: ahuellamiento subrasante (in)

ep,z: Deformación unitaria permanente a la profundidad z (in/in)

h roca: profundidad hasta la roca firme (in)

$$\delta = \left(\frac{1 - e^{-k \cdot h_{roca}}}{k} \right) \cdot \epsilon_{p,z=0}$$

$$k = \frac{1}{6} \ln \left(\frac{\epsilon_{p,z=0}}{\epsilon_{p,z=6}} \right)$$

Modelo MEPDG
 Modelos definidos por el usuario

Granular Granular fino
 ks1 ks1
 Bs1 Bs1

Guardar

Figura 4.1.23. Ahuellamiento en la Sub Rasante

Al completar todos los datos de entrada, se prosiguió a diseñar y obtenerlos resultados o la salida del software.

Diseño Mecanístico Empírico de Pavimentos Flexibles

Archivo Resultado Idioma Acerca de

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Proyecto

Ubicación: A.H. LOS JARDINES

Identificación del proyecto: TESIS DE PREGRADO

Identificación de la sección: MECANÍSTICO-EMPÍRICO

Fecha de la construcción: 20/09/2019

Descripción: UNIVER. NACIONAL DEL SANTA

Características del proyecto

Velocidad operacional (km/h): 40

Ancho de carril (m): 2.7

Período de diseño (años): 20

Considerar el efecto del Zigzaguo Lateral: Sí No

Datos de entrada

Tránsito
 Clima
 Materiales
 Modelos de desempeño

DISEÑAR

Figura 4.1.34. Datos de entrada completos

4.1.2.3. Salida del Software

4.1.2.3.1. Respuesta de Módulos Resilientes y Dinámicos

Se obtuvo los módulos resilientes para todos los materiales granulares de Base, Subbase y Subrasante y el módulo dinámico para la carpeta asfáltica, para cada mes, durante todo el periodo de diseño, obteniendo el comportamiento que se muestra en las siguientes figuras.

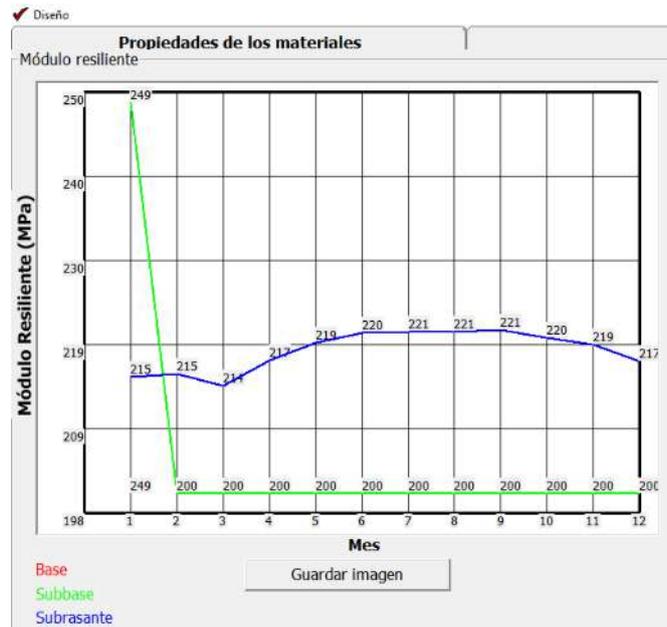


Figura 4.1.45. Módulos resilientes mensuales de las capas granulares

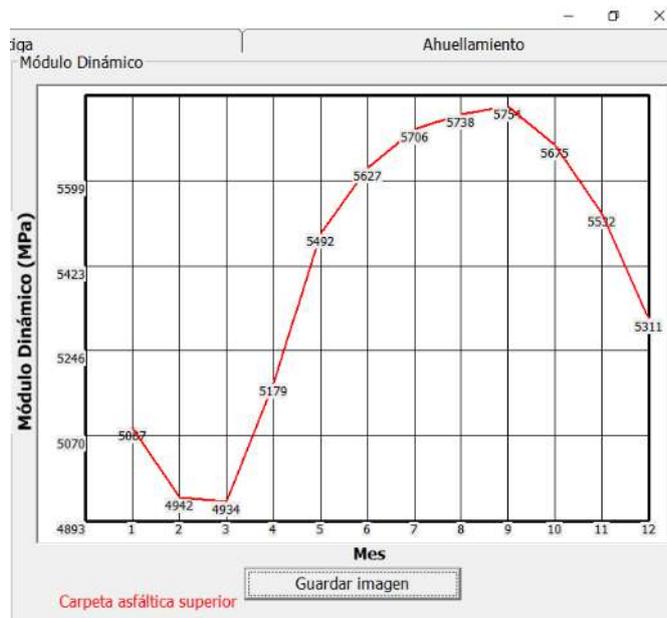


Figura 4.1.26. Módulo dinámico mensual de la carpeta asfáltica

4.1.2.3.2. Respuesta por Fatiga

Los deterioros por fatiga producidos por el tráfico vehicular acumulan daño tanto de arriba hacia abajo y viceversa, estos valores se muestran a continuación.

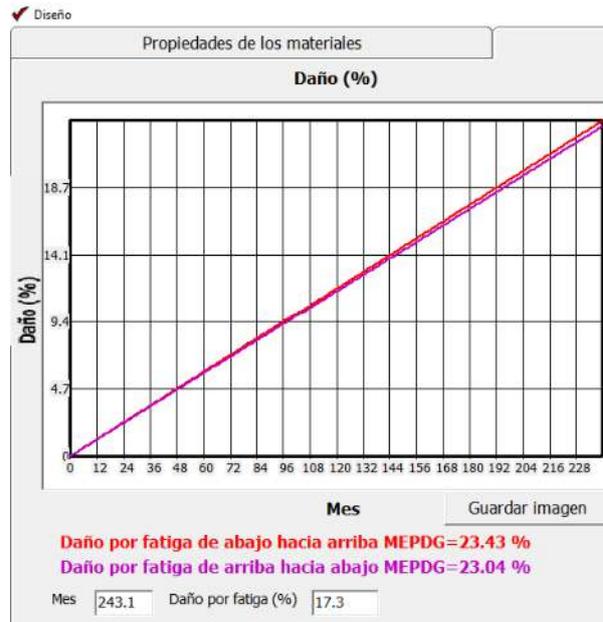


Figura 4.1.27. Daño por fatiga ascendente y descendente

Mediante las funciones de transferencia se estimaron el área agrietada y agrietamiento longitudinal de la carpeta asfáltica.

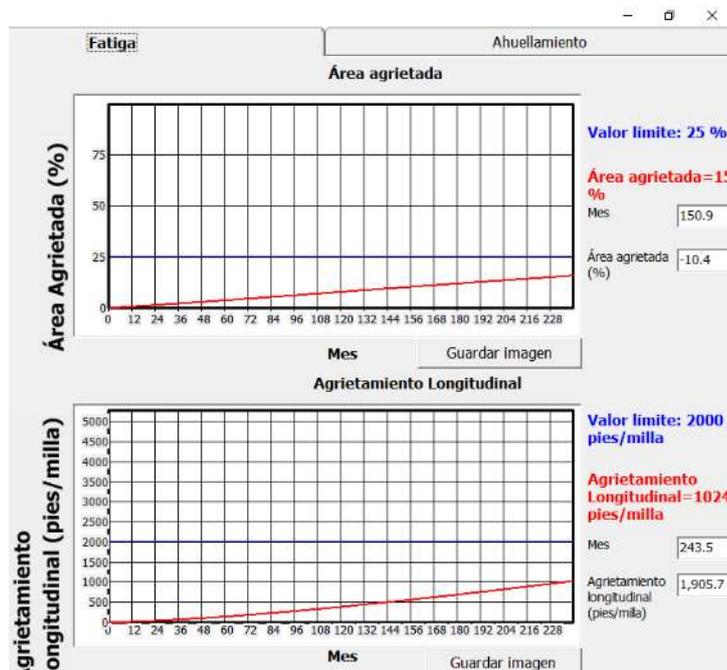


Figura 4.1.28. Área agrietada y Agrietamiento longitudinal

4.1.2.3.3. Respuesta por Ahuellamiento

El ahuellamiento estimado por el software de cada una de las capas por mes y al final del periodo de diseño se muestra en la siguiente figura.

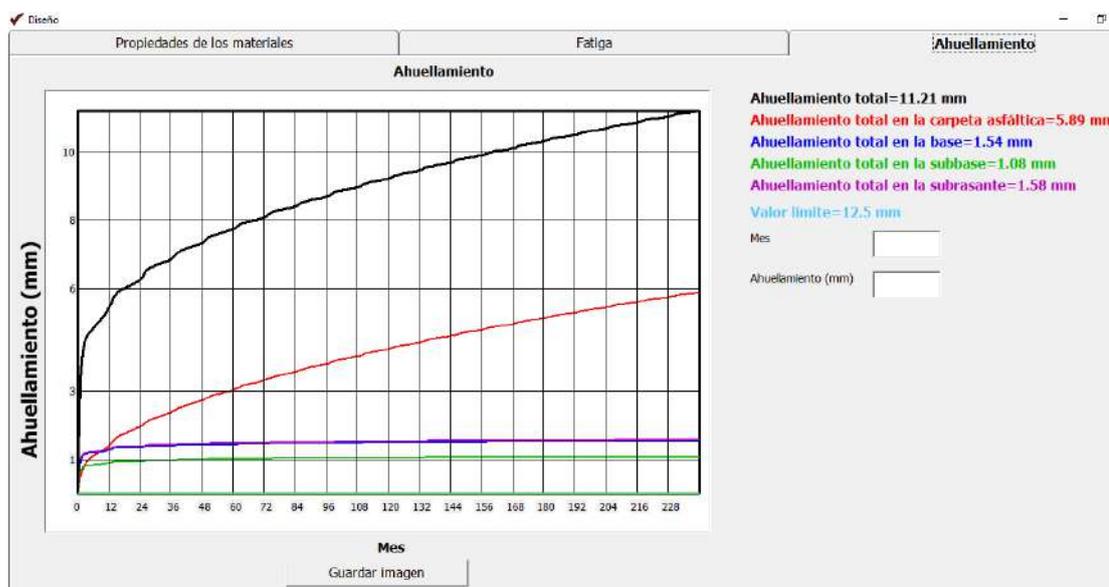


Figura 4.1.29. Ahuellamiento en cada capa

4.1.2.4. Diseño Final

Se realizaron varios diseños que, en función del criterio de aceptación del límite de deterioro, se eligió al que cumple y al que pretende ser más económico. Se resume en la tabla siguiente:

Tabla 4.1.3.

Alternativas de diseño según espesor de capas

Alternativa	ESTRUCTURA			AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL			ÁREA AGRIETADA PIEL DE			AHUELLAMIENTO CARPETA			AHUELLAMIENTO TOTAL (mm)		
	Carpeta Asfáltica (cm)	Base Granular (cm)	Sub Base Granular (cm)	Deterioro final Periodo de diseño	Valor límite de aceptación	Cumple	Deterioro final Periodo de diseño	Valor límite de aceptación	Cumple	Deterioro final Periodo de diseño	Valor límite de aceptación	Cumple	Deterioro final Periodo de diseño	Valor límite de aceptación	Cumple
1	15,00	20,00	20,00	387,70	2000,00	SI	7,80	25,00	SI	4,86	10,00	SI	9,70	12,50	SI
2	10,00	15,00	20,00	2847,00	2000,00	NO	30,00	25,00	NO	6,23	10,00	SI	12,71	12,50	NO
3	12,50	15,00	15,00	1024,00	2000,00	SI	15,00	25,00	SI	5,89	10,00	SI	11,21	12,50	SI

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, las alternativas que satisfacen los criterios son la 1 y 3, pero por economía se eligió la 3. Finalmente, para este Método los espesores de capa de la estructura son:

- Carpeta Asfáltica: 12.5 cm
- Base: 15.0 cm
- Sub Base: 15.0 cm

4.1.3. Análisis Comparativo

4.1.3.1. Análisis Técnico-Estructural

Los resultados y análisis comparativo se resumen en la tabla que a continuación se muestra. Se realizó en función del espesor escogido, de variables que intervinieron y que fueron iguales para ambos métodos, y de la consideración o no, de otros factores de diseño.

Tabla 4.1.4.

Comparación Técnico-Estructural entre los métodos Instituto del Asfalto y Mecanístico-Empírico CR-ME 2014

COMPARACIÓN TÉCNICO-ESTRUCTURAL ENTRE LOS MÉTODOS		
VARIABLES COMPARATIVAS	INSTITUTO DEL ASFALTO (IA)	MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014
ESTRUCTURA (cm)(pulg.)		
<i>Carpeta Asfáltica</i>	16.5 (6.5")	12.5 (5")
<i>Base Granular</i>	15 (6")	15 (6")
<i>Sub Base Granular</i>	15 (6")	15 (6")
VALORES DE ENTRADA		
<i>Periodo de Diseño (Años)</i>	20	20
<i>ESAL (N° Ejes Equiv.)</i>	1892166	1892166
<i>CBR (Subrasante) (%)</i>	14,83	14,83
<i>CBR (Base y Subbase) (%)</i>	44,70	44,70
CONSIDERACIONES		
<i>Tipo Asfalto Y Características</i>	No especifica	SI
<i>Temp. Media Mensual (TMM)</i>	NO	SI
<i>Otras Variables del suelo</i>	NO	SI
<i>Límites de deterioro</i>	NO	SI

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.2. Análisis Económico

Se realizó la evaluación de alternativas de diseño por ambos métodos, mediante un análisis económico. Para esto, se hizo un análisis de precios unitarios de las partidas involucradas en la construcción del pavimento y luego se elaboró un presupuesto.

4.1.3.2.1. Análisis de Precios Unitarios

Se consideraron solamente las partidas necesarias para la construcción exclusiva del pavimento flexible. Este cálculo se desarrolló en el Anexo N° 16: Análisis de Costos Unitarios del Instituto del Asfalto y Anexo N° 17. Análisis de Costos Unitarios del CR-ME 2014.

4.1.3.2.2. Presupuesto

a) Método del Instituto del Asfalto

Tabla 4.1.5.

Resumen del Presupuesto por el método del Instituto del Asfalto.

RESÚMEN DE PRESUPUESTO POR INSTITUTO DEL ASFALTO					
TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL A. H. LOS JARDINES – NUEVO CHIMBOTE”					
N° DE ITEM	PARTIDA	UNIDAD	METRADO	PRECIO UNITARIO (S/)	PARCIAL (S/)
01	PISTAS				1.273.209,06
01.01	OBRAS PRELIMINARES				14.652,84
01.01.01	TRAZO Y REPLANTEO C/ EQUIPO	m2	8.519,09	1,72	14.652,84
01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				139.828,79
01.02.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO A NIVEL DE SUBRASANTE C/EQUIPO	m3	4.003,97	5,56	22.262,10
01.02.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE C/VOLQUET 15 M3 DMT= 5 KM	m3	5.004,97	23,49	117.566,69
01.03	PAVIMENTOS				1.118.727,43
01.03.01	PREPARACION DE SUB-RASANTE C/MOTONIVELADORA	m2	8.519,09	21,65	184.438,39
01.03.02	SUB BASE GRANULAR PARA E=0.15 M.	m2	8.519,09	11,14	94.902,71
01.03.03	BASE GRANULAR E=0.15 M.	m2	8.519,09	12,37	105.381,19
01.03.04	IMPRIMACIÓN ASFALTICA CON MC-30	m2	8.519,09	3,52	29.987,21
01.03.05	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 6.5" C/ EQUIPOS	m2	8.519,09	82,64	704.017,93
COSTO DIRECTO DEL PRESUPUESTO					1.273.209,06

Fuente: Elaboración propia

b) Método Mecanístico-Empírico CR-ME 2014

Tabla 4.1.6.

Resumen del Presupuesto por el método Mecanístico-Empírico CR-ME 2014.

RESÚMEN DE PRESUPUESTO POR CR-ME 2014					
TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL A. H. LOS JARDINES – NUEVO CHIMBOTE”					
N° DE ITEM	PARTIDA	UNIDAD	METRADO	PRECIO UNITARIO (S/)	PARCIAL (S/)
01	PISTAS				1.114.753,91
01.01	OBRAS PRELIMINARES				14.652,84
01.01.01	TRAZO Y REPLANTEO C/ EQUIPO	m2	8.519,09	1,72	14.652,84
01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				139.828,79
01.02.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO A NIVEL DE SUBRASANTE C/EQUIPO	m3	4.003,97	5,56	22.262,10
01.02.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE C/VOLQUET 15 M3 DMT = 5 KM	m3	5.004,97	23,49	117.566,69
01.03	PAVIMENTOS				960.272,28
01.03.01	PREPARACION DE SUB-RASANTE C/MOTONIVELADORA	m2	8.519,09	21,65	184.438,39
01.03.02	SUB BASE GRANULAR PARA E=0.15 M.	m2	8.519,09	11,14	94.902,71
01.03.03	BASE GRANULAR E=0.15 M.	m2	8.519,09	12,37	105.381,19
01.03.04	IMPRIMACIÓN ASFALTICA CON MC-30	m2	8.519,09	3,52	29.987,21
01.03.05	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 6.5" C/ EQUIPOS	m2	8.519,09	64,04	545.562,78
COSTO DIRECTO DEL PRESUPUESTO					1.114.753,91

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.3. Elección de la Mejor Alternativa

Del análisis técnico- estructural, se puede determinar que el método que utiliza y presenta una mejor y actualizada metodología de diseño es el Mecanístico-Empírico CR-ME 2014. Este método además de presentar menor espesor de carpeta asfáltica, hace uso de otros factores y criterios de análisis, considerando variables de tráfico, climáticas y materiales para luego analizar su comportamiento durante el periodo de diseño, lo que se denomina análisis por desempeño. Por lo tanto, a nivel técnico-estructural se optó por este método.

En lo que respecta al análisis económico, el Método Mecanístico-Empírico CR-ME 2014 al tener la misma configuración estructural se utilizaron las mismas partidas para el análisis de precios unitarios; además que al presentar menor espesor de carpeta asfáltica y mismo

espesor en las demás capas granulares, resulta más económico que la del Instituto del asfalto.

Por lo fundamentado, a nivel técnico-estructural y económico, se logró determinar que la mejor alternativa es el Método Mecanístico-Empírico CR-ME 2014.

4.2. DISCUSIÓN

A partir de la obtención de resultados para el diseño de pavimento flexible, permitió realizar el análisis comparativo entre los métodos de diseño del Instituto del Asfalto y el Mecanístico – Empírico CR-ME 2014.

Los resultados obtenidos con el método del Instituto del Asfalto se asemejan a los resultados obtenidos en la tesis de Irigoin (Comparación entre los métodos AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para optimizar el diseño del pavimento flexible en el A.H. San Lorenzo – José Leonardo Ortiz – Chiclayo – Perú, 2018) referente a los espesores de las capas de la estructura del pavimento, teniendo solo una variación de + 1.27 cm (+0.5”) en el espesor de la carpeta asfáltica, a pesar de la diferencia de algunos datos de entrada. La diferencia estuvo en el tipo de suelo de la subrasante, siendo la de esta investigación un suelo bueno (arena mal graduada SP) sin plasticidad, con bajo contenido de humedad (0.6-1.5%), obteniendo un CBR de diseño de 14.83%, diferenciándose para el cálculo del Módulo de Resiliencia, El valor de numero de ejes equivalentes fue similar (ESAL = 1’892,166), en comparación con la de la zona estudiada por Irigoin (EAL = 1’190,917), pero resaltar que el periodo de diseño es el doble (20 años). Es importante destacar que este estudio se realizó con el método (MS-1) del año 1981, en comparación con la del autor mencionado que utilizó

del año 1991, siendo así que para esta tesis no se consideró la influencia o variabilidad de la temperatura de la zona analizada. En resumen, se obtuvieron similares resultados, pero no significa que fueron realizados en condiciones y valores de entrada parecidas, siendo desarrollados por métodos de años distintos; llegando de esta manera a afirmar que existe susceptibilidad en los resultados al usar este método en condiciones distintas.

Para el método Mecanístico – Empírico CR-ME 2014, en la tesis elaborada por García, Gutiérrez, y Hernández (Análisis comparativo para diseño de pavimentos flexibles mediante las alternativas: IMT-PAVE y CR-ME del método mecanicista empírico, con el método AASHTO 93, 2014) los resultados hallados en cuanto a la estructura final de su pavimento son diferentes al obtenido en este estudio, que obtuvo los siguientes espesores: Carpeta Asfáltica: 12.5 cm (5”), Base: 15 cm (6”), Subbase: 15 cm (6”), en más de 2.42, 3.39 y 4.06 veces respectivamente. Esta diferencia se debe principalmente al número mayor del ESAL (5’893,630), 3.11 veces mayor a lo de este proyecto (ESAL de 1’892,166), y en menor medida a los otros parámetros o variables de entrada que intervienen en este método, que a su vez utilizó la interfaz gráfica modificada y mejorada (CR-ME versión 2.0), aceptando de esta manera la filosofía o consideraciones que especifica que este método es muy susceptible a variaciones en cuanto al diseño a causa de la variabilidad de factores de tránsito, clima y características de los materiales. Por lo que es importante enfatizar que para el diseño Mecanístico Empírico CR-ME 2014 se deba encontrar las variables de entrada pertenecientes a las zonas de estudio.

Por lo tanto, la correcta obtención de parámetros de entrada es muy imprescindible para ambos métodos de diseño, por que estos se ven muy

influenciados por la zona o área en el que son obtenidos por factores ya explicados.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Al realizar la comparación entre ambos métodos se determinó que el diseño óptimo de la estructura de pavimento flexible para el A.H. Los Jardines - Nuevo Chimbote, es el método MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014, conformada por una Carpeta asfáltica de 5”, Base granular de 6” y Subbase granular de 6”.
- El valor de la ESAL fue obtenido para ambos métodos mediante los procedimientos descritos en Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (MTC,2013,2014) cuyo valor obtenido fue de 1’892,165.7030.
- Los valores para el CBR de la subrasante fueron obtenidos para ambos métodos inicialmente, mediante los procedimientos descritos en el Manual de Ensayo de Materiales (MTC,2016), para luego emplearse el método del instituto del asfalto para calcular el CBR de diseño que consiste en obtener el percentil de 87.5% de tres valores, siendo el resultado de 14.83%. A diferencia del CBR de la Base y Sub base su valor fue obtenido directamente siendo de 44.70%.
- El Módulo de Resiliencia de la Subrasante fue calculado a partir del CBR de diseño mediante la fórmula de correlación del AASHTO 2002 especificada en el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (MTC,2013) cuyo valor obtenido fue de 14354.93 psi (98.96 MPa). Para el módulo de Resiliencia de la Base y Sub base fueron iguales ya que los materiales granulares utilizados fueron de la misma cantera San Pedrito y se obtuvo como valor 29077.77 psi (200.50 MPa).

- Los datos climáticos fueron obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) para luego procesarlo y obtener las Temperaturas media mensual (TMM) y los Índices de Thornthwaite.
- Luego de evaluar los resultados económicos se concluyó que el costo directo de la construcción del pavimento flexible con el método MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 es más económico en comparación con el método del Instituto del Asfalto en un 12.45% de diferencia.
- El método MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 emplea mayores parámetros de diseño como datos climáticos, características de la mezcla asfáltica, modelos de deterioro y criterios de aceptación a lo largo del periodo de diseño; que a diferencia del método del Instituto del Asfalto que solo se rige por la ESAL y el Modulo de Resiliencia de la Subrasante.
- De la configuración estructural seleccionada, el análisis por desempeño que realiza el software CR-ME estimó un ahuellamiento de la carpeta asfáltica de 5.89 mm, presentando como ahuellamiento total 11.21 mm, para el área agrietada se obtendrá 15% y finalmente el agrietamiento longitudinal será de 1024 pies/milla cumpliendo con los límites establecidos por la guía MEPDG del AASHTO 2008.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a futuros investigadores a fin de obtener parámetros de entrada más objetivos (nivel de conocimiento 1: avanzado) a emplearse principalmente en el diseño CR-ME 2014 es necesario realizar los ensayos de laboratorio correspondientes (Ensayo triaxial con carga cíclica), con esto se obtendrán valores más precisos en los resultados.
- Se recomienda a futuros investigadores realizar investigaciones similares ya sea cerca de la zona de estudio o empleando los mismos métodos de diseño a fin de obtener mayores criterios y evitar el deterioro prematuro de los pavimentos.
- Se recomienda a futuros investigadores realizar investigaciones sobre las variables mecánicas a fin de poder emplear en un futuro la metodología de diseño Mecanístico Empírico para el diseño de pavimentos flexibles.
- Se recomienda a futuros investigadores realizar también el análisis por desempeño en el diseño del instituto del asfalto a fin de verificar el cumplimiento de los criterios de fatiga y ahuellamiento.
- Se recomienda a las autoridades implementar los laboratorios de mecánica de suelos y asfalto de las universidades del país y/o empresas dedicadas al rubro de ensayos de materiales y que estos no sean una limitación para realizar investigaciones que ayuden con el desarrollo del país.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

6.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y VIRTUALES

1. American Association Of State Highway And Transportation Officials AASHTO. (2008). *Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide*.
2. Cespedes, A. J. (2002). *LOS PAVIMENTOS EN LAS VIAS TERRESTRES*. CAJAMARCA: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA.
3. Céspedes, J. (2002). *Los pavemntes en las vías terrestres: Calles, carreteras y autopistas*. Cajamarca: Universidad Nacional De Cajamarca.
4. 4. Chan Albitres, C. M., Vidal Valencia, J., Loria Salazar, L., Bustos, M., & Delgadillo, R. (2016). *Aplicabilidad del Método Mecanístico - Empírico*. Obtenido:
<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/808/80.%20Aplicabilidad%20del%20me%CC%81todo%20de%20mecanistico-%20empirico.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
5. Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica. (2002). *M5.1 Catalogo de deterioro de pavimentos flexibles, Volumen N° 11*. Viña Del Mar.
6. Corona, C. (2017). *Determinación de módulo de rigidez y caracterización de de módulo dinámco de mezcla superpave*. Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaiso.
7. García, A., Gutierrez, F., & Hernandez, J. (2014). *Analisis comparativo para diseño de paviemntos flexibles mediante las alternativas: IMT-PAVE y CR-ME del metodo mecanicista empirico, con el metodo AASHTO 93*. Tesis de Pregrado, Universidad De El Salvador, San Salvador.

8. Garnica, P., & Correa, A. (2004). *Conceptos mecanicistas en pavimentos*. Sanfandila: Instituto Mexicano de Transporte.
9. Garnica, P., Delgado, H., Gómez, J., Alonso, S., & Alarcón, H. (2004). *Aspectos de diseño volumétrico de mezclas asfálticas*. Sanfandila.
10. Huang, Y. H. (2004). *Pavement analysis and design* (Vol. Second edition). New Jersey: Pearson Prentice Hall.
11. Ingenieros Consultores Centroamericanos S.A. (2014). *Agrietamiento de las capas asfálticas en las carreteras*. Nicaragua.
12. Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG). (2011). *Guía de diseño Mecanístico-Empírico de pavimentos manual practico (AASHTO) (Versión en español)*. Lima.
13. Irigoín, Q. R. (2018). *Comparación entre los métodos Aashto 93 e Instituto del Asfalto para optimizar el diseño del pavimento flexible en el A.H. San Lorenzo – José Leonardo Ortiz – Chiclayo – Perú*. Chiclayo.
14. Instituto del Asfalto. (1981). *GUIA DE DISEÑO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO*.
15. Irigoín, Q. R. (2018). *Comparación entre los métodos Aashto 93 e Instituto del Asfalto para optimizar el diseño del pavimento flexible en el A.H. San Lorenzo – José Leonardo Ortiz – Chiclayo – Perú*. Chiclayo.
16. Leiva, F. (2002). *Nueva Guía de diseño mecanística-empírica para estructuras de pavimnto*. San Jose: LANAMME.
17. Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC). (2016). *Manual de Ensayos de Materiales*. Lima.

18. Montejo, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras* (Vol. I). Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
19. Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima.
20. Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima.
21. Programa de Infraestructura de Transporte (PITRA). (2016). *Manual de Usuario Herramienta CR-ME Version Beta*. LanammeUCR, Unidad de Materiales y Pavimentos, San José.
22. Rico, A., & Del Castillo, H. (1977). *La ingeniería de suelos en las vías terrestres Carreteras, Ferrocarriles y Autopistas*. D.F. México: Limusa.
23. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2013). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Megabyte.
24. Salamanca, M., & Zuluaga, S. (2014). *Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para la vía la YE - Santa Lucia Barranca Lebrija entre los abscisas K19+250 a K25+750 ubicada en el Departamento del Cesar*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
25. Valdéz, G., Pérez, F., & Calabi, A. (2012). *La fisuración en pavimentos asfálticos y sus mecanismos de deterioro*. *Revista Científico Tecnológica Departamento Ingeniería de Obras Civiles RIOC Volumen 1/2012*. Lima.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

ANEXO N° 01

ENSAYO GRANULOMÉTRICO, CONTENIDO DE HUMEDAD Y LIMITES DE ATTERBERG

1.1. ENSAYO GRANULOMETRICO

El ensayo de granulometría del presente trabajo es un método que ayudó a caracterizar el suelo de la zona estudiada, el instrumento utilizado son los tamices con el cual se consigue una serie de datos, para poder obtener la curva granulométrica del suelo. (ASTM D-422)

EQUIPOS Y MATERIALES

- Balanza para agregado fino (sensibilidad a 0.1%)
- Balanza para agregado grueso (sensibilidad a 0.1%)
- Estufa
- Tamices seleccionados de acuerdo con las especificaciones del material que va a ser ensayado.



Consiste en hacer pasar una muestra ya sea inalterada o alterada por tamices o mallas por vía seca con diferentes aberturas que van desde la Malla de 3” a la Malla N° 200.

1.2. CONTENIDO DE HUMEDAD

El ensayo de contenido de humedad del presente trabajo es un método que ayudo a determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado. (ASTM D-2216)

EQUIPOS Y MATERIALES

- Balanza: Con sensibilidad al 0,1 %
- Fuente de calor: Un horno ventilado capaz de mantener la temperatura alrededor de la muestra $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Recipiente para la muestra: Un envase que no sea afectado por el calor y con suficiente capacidad para contener la muestra sin peligro de derramarse.



Consiste en pesar la muestra húmeda y luego secar la muestra en el recipiente por medio de la fuente de calor elegida, teniendo cuidado de evitar la pérdida de ninguna partícula, para posteriormente volver a pesar la misma muestra en estado seco.

1.3. LIMITES DE ATTERBERG

LIMITE LIQUIDO

El ensayo de límite líquido del presente trabajo es un método que ayudo a determinar el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido. (ASTM D-2216)

EQUIPOS Y MATERIALES

- Recipiente para Almacenaje.
- Aparato del límite líquido (o de Casagrande).
- Ranurador
- Balanza. Una balanza con sensibilidad de 0,01 g.
- Estufa. Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ para secar la muestra.
- Espátula.
- Agua destilada



Consiste en colocar una porción del suelo preparado, en la copa del dispositivo de límite líquido en el punto en que la copa descansa sobre la base, presionándola, y esparciéndola en la copa hasta una profundidad de aproximadamente 10 mm en su punto más profundo, formando una superficie aproximadamente horizontal.

Para determinar el límite líquido para cada espécimen para contenido de humedad usando una de las siguientes ecuaciones:

$$LL = W \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

N = Números de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad.

Wn = Contenido de humedad del suelo.

LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen

EQUIPOS Y MATERIALES

- Recipiente para Almacenaje.
- Tamiz, de 426 µm (N° 40.).
- Balanza. Una balanza con sensibilidad de 0,01 g.
- Estufa. Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de 110±5°C para secar la muestra.

- Espátula.
- Agua destilada
- Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades
- Superficie de rodadura.

Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros. Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3,2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer un elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.

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

I.P.= L.L. – L.P.

Donde:

L.L. = Límite Líquido

P.L. = Límite Plástico

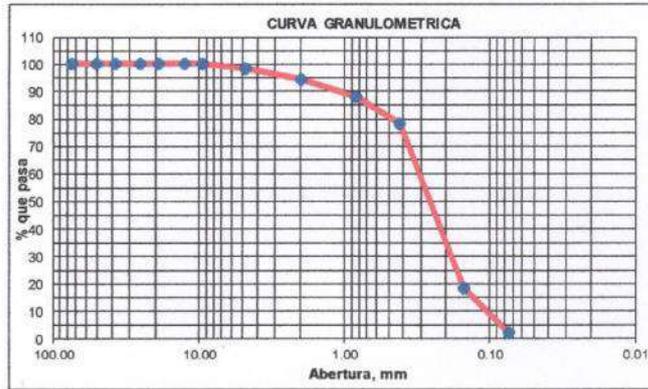
L.L. y L.P., son números enteros

Proyecto:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL A. H. LOS JARDINES - NUEVO CHIMBOTE"						
Región:	ANCASH	Provincia:	SANTA	Distrito:	NUEVO CHIMBOTE	Fecha:	7/09/2019
Material:	TERRENO NATURAL	Calicata:	C-1	Muestra:	M-1	De:	(0.25-0.55)

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr] 571.500

Mallas	Abertura [mm]	Peso Reten. [grs]	% Pasa
3"	76.000	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	100.00
N° 4	4.760	9.10	98.41
N° 10	2.000	22.50	94.47
N° 20	0.840	36.30	88.12
N° 40	0.420	55.90	78.34
N° 100	0.150	344.20	18.11
N° 200	0.074	91.30	2.13
< N° 200		12.20	0.00



Grava (%): 1.59 Arena (%): 96.27 Finos(%): 2.13

2.- CALCULO DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA

D10 = 0.10 CU = D60/D10 Cc = (D30)²/(D10xD30)
 D30 = 0.19 CU = 3.00 CU = 1.20
 D60 = 0.30

CU : Coeficiente de Uniformidad
 CC : Coeficiente de Curvatura

3.- LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM-D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		CONSISTENCIA	
	Formula	Tara N°01	Tara N°02	Tara N°03	Formula	Tara N° 04	
1.- N° de Golpes							
2.- Peso Tara (gr)							LL = N.P.
3.- Peso Tara + Suelo Humedo (gr)							
4.- Peso Tara + Suelo Seco (gr)							LP = N.P.
5.- Peso de Agua (gr)	(3)-(4)				(3)-(4)		
6.- Peso Suelo Seco, (gr)	(4)-(2)				(4)-(2)		IP = N.P.
7.- Contenido de Humedad (%)	(4)/(5)*100				(4)/(6)*100		



Limite Liquido Metodo un Punto

$$LL = W \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

N = Numero de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad
 Wn = Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

Wn = 0
 N = 0
 LL = 0 %

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

4.- CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM - D2216)

Procedimiento	Fórmula	Tara No
		10
1. Peso Tara, [gr]		28.29
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		238.42
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		231.98
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	6.44
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	203.69
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	3.162

RESUMEN

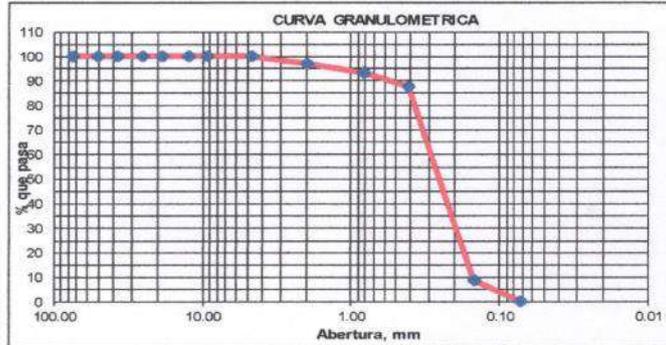
Clasificación AASHTO	A-2-4(0)
Clasificación SUCS	SP
Grava (No. 4 < Diam < 3")	1.59%
Arena (No. 200 < Diam < No. 4)	96.27%
Finos (Diam < No. 200)	2.13%
Limite Liquido	N.P.
Limite Plástico	N.P.
Indice Plasticidad	N.P.
Contenido de Humedad	3.16%

Proyecto:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL A. H. LOS JARDINES – NUEVO CHIMBOTE”				
Región:	ANCASH	Provincia:	SANTA	Distrito:	NUEVO CHIMBOTE
Material:	TERRENO NATURAL	Calicata:	C-1	Muestra:	M-2
				Fecha:	7/09/2019
				De:	(0.55-1.60)

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	508.500
-------------------------	---------

Mallas	Abertura [mm]	Peso Reten. [grs]	% Pasa
3"	76.000	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	100.00
N° 4	4.760	0.00	100.00
N° 10	2.000	14.10	97.23
N° 20	0.840	20.10	93.27
N° 40	0.420	29.10	87.55
N° 100	0.150	400.10	8.87
N° 200	0.074	42.10	0.59
< N° 200		3.00	0.00



Grava (%)	: 0.00	Arena (%)	: 99.41	Finos (%)	: 0.59
-----------	--------	-----------	---------	-----------	--------

2.- CALCULO DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA

$D_{10} = 0.16$ $C_U = D_{60}/D_{10}$ $C_c = (D_{30})^2/(D_{10} \times D_{60})$
 $D_{30} = 0.20$ $C_U = 1.88$ $C_c = 0.63$
 $D_{60} = 0.30$

CU: Coeficiente de Uniformidad
CC: Coeficiente de Curvatura

3.- LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBER (ASTM-D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		CONSISTENCIA	
	Formula	Tara N°01	Tara N°02	Tara N°03	Formula	Tara N° 04	
1.- N° de Golpes							
2.- Peso Tara (gr)							LL = N.P.
3.- Peso Tara + Suelo Humedo (gr)							LP = N.P.
4.- Peso Tara + Suelo Seco (gr)							
5.- Peso de Agua (gr)	(3)-(4)				(3)-(4)		
6.- Peso Suelo Seco, (gr)	(4)-(2)				(4)-(2)		IP = N.P.
7.- Contenido de Humedad (%)	(4)/(5)*100				(4)/(6)*100		



Limite Liquido Metodo un Punto

$$LL = W \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

N = Numero de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad
Wn = Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

Wn =	0
N =	0
LL =	0 %

4.- CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM - D2216)

Procedimiento	Fórmula	Tara No
		5
1. Peso Tara, [gr]		29.24
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		240.46
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		239.10
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	1.36
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	209.86
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	0.648

RESUMEN

Clasificación AASHTO	A-3(0)
Clasificación SUCS	SP
Grava (No.4 < Diam < 3")	0.00%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	99.41%
Finos (Diam < No.200)	0.59%
Límite Líquido	N.P.
Límite Plástico	N.P.
Índice Plasticidad	N.P.
Contenido de Humedad	0.65%

GEOMG S.A.C.

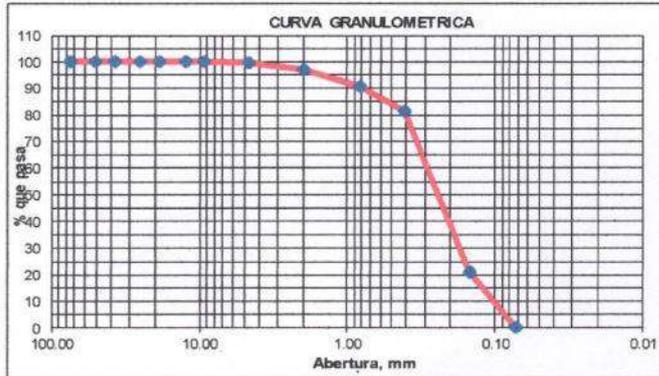
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo
 CIP N° 68738

Proyecto:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL A. H. LOS JARDINES – NUEVO CHIMBOTE”						
Región:	ANCASH	Provincia:	SANTA	Distrito:	NUEVO CHIMBOTE	Fecha:	7/09/2019
Material:	TERRENO NATURAL	Calicata:	C-2	Muestra:	M-1	De:	(0.35-0.75)

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	462.500
-------------------------	---------

Mallas	Abertura [mm]	Peso Reten. [grs]	% Pasa
3"	76.000	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	100.00
N° 4	4.760	0.60	99.87
N° 10	2.000	13.00	97.06
N° 20	0.840	29.00	90.79
N° 40	0.420	42.50	81.60
N° 100	0.150	279.50	21.17
N° 200	0.074	96.00	0.41
< N° 200		1.90	0.00



Grava (%)	: 0.13	Arena (%)	: 99.46	Finos (%)	: 0.41
-----------	--------	-----------	---------	-----------	--------

2.- CALCULO DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA

D₁₀ = 0.10
D₃₀ = 0.18
D₆₀ = 0.30

$$C_U = D_{60}/D_{10}$$

$$C_U = 3.00$$

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

$$C_c = 1.08$$

CU: Coeficiente de Uniformidad
CC: Coeficiente de Curvatura

3.- LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBER (ASTM-D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		CONSISTENCIA	
	Formula	Tara N°01	Tara N°02	Tara N°03	Formula	Tara N° 04	
1.- N° de Golpes							LL =
2.- Peso Tara (gr)							N.P.
3.- Peso Tara + Suelo Humedo (gr)							LP =
4.- Peso Tara + Suelo Seco (gr)							N.P.
5.- Peso de Agua (gr)	(3)-(4)				(3)-(4)		
6.- Peso Suelo Seco, (gr)	(4)-(2)				(4)-(2)		IP =
7.- Contenido de Humedad (%)	(4)/(5)*100				(4)/(6)*100		N.P.



Limite Liquido Metodo un Punto

$$LL = W \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

N = Numero de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad
Wn = Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

Wn = 0
N = 0
LL = 0%

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

4.- CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM - D2216)

Procedimiento	Fórmula	Tara No
1. Peso Tara, [gr]		12
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		27.27
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		182.63
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	1.93
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	155.36
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)*100	1.242

RESUMEN

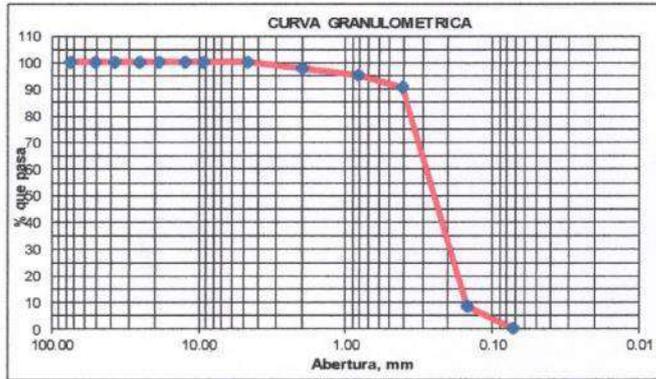
Clasificación AASHTO	A-2-4(0)
Clasificación SUCS	SP
Grava (No. 4 < Diam < 3")	0.13%
Arena (No.200 < Diam < N° 4)	99.46%
Finos (Diam < No.200)	0.41%
Límite Líquido	N.P.
Límite Plástico	N.P.
Índice Plasticidad	N.P.
Contenido de Humedad	1.24%

Proyecto:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL A. H. LOS JARDINES – NUEVO CHIMBOTE”						
Región:	ANCASH	Provincia:	SANTA	Distrito:	NUEVO CHIMBOTE	Fecha:	7/09/2019
Material:	TERRENO NATURAL	Calicata:	C-2	Muestra:	M-2	De:	(0.75-1.60)

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	648.500
-------------------------	---------

Mallas	Abertura [mm]	Peso Reten. [grs]	% Pasa
3"	76.000	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	100.00
N° 4	4.760	0.00	100.00
N° 10	2.000	13.10	97.98
N° 20	0.840	17.10	95.34
N° 40	0.420	29.10	90.86
N° 100	0.150	534.10	8.50
N° 200	0.074	52.10	0.46
< N° 200		3.00	0.00



Grava (%): 0.00	Arena (%): 99.54	Finos(%): 0.46
-----------------	------------------	----------------

2.- CALCULO DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA

$$D_{10} = 0.16 \quad C_U = D_{60}/D_{10} \quad C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$$

$$D_{30} = 0.20 \quad C_U = 1.81 \quad C_c = 0.86$$

$$D_{60} = 0.29$$

CU: Coeficiente de Uniformidad
CC: Coeficiente de Curvatura

3.- LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM-D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		CONSISTENCIA	
	Formula	Tara N°01	Tara N°02	Tara N°03	Formula	Tara N° 04	
1.- N° de Golpes							
2.- Peso Tara (gr)							LL = N.P.
3.- Peso Tara + Suelo Humedo (gr)							LP = N.P.
4.- Peso Tara + Suelo Seco (gr)							IP = N.P.
5.- Peso de Agua (gr)	(3)-(4)				(3)-(4)		
6.- Peso Suelo Seco, (gr)	(4)-(2)				(4)-(2)		
7.- Contenido de Humedad (%)	(4)/(5)*100				(4)/(6)*100		



Limite Liquido Metodo un Punto

$$LL = W \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

N = Numero de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad
Wn = Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

Wn =	0
N =	0
LL =	0 %

GEOMG S.A.C.
Jorge E. Morillo Trujillo
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo
CIP N° 68733

4.- CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM - D2216)

Procedimiento	Fórmula	Tara No
		8
1. Peso Tara, [gr]		30.51
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		244.53
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		242.70
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	1.83
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	212.19
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	0.862

RESUMEN

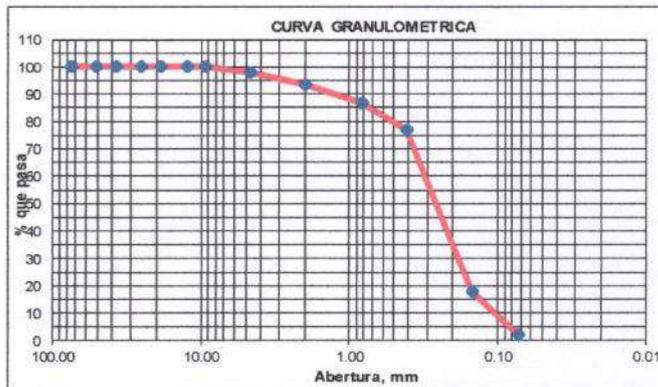
Clasificación AASHTO	A-3(0)
Clasificación SUCS	SP
Grava (No.4 < Diam < 3")	0.00%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	99.54%
Finos (Diam < No.200)	0.46%
Limite Líquido	N.P.
Limite Plástico	N.P.
Índice Plasticidad	N.P.
Contenido de Humedad	0.86%

Proyecto:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL A. H. LOS JARDINES – NUEVO CHIMBOTE”						
Región:	ANCASH	Provincia:	SANTA	Distrito:	NUEVO CHIMBOTE	Fecha:	7/09/2019
Material:	TERRENO NATURAL	Calicata:	C-3	Muestra:	M-1	De:	(0.45-0.70)

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	590.100
-------------------------	---------

Mallas	Abertura [mm]	Peso Reten. [grs]	% Pasa
3"	76.000	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	100.00
N° 4	4.760	12.20	97.93
N° 10	2.000	25.60	93.59
N° 20	0.840	39.40	86.92
N° 40	0.420	59.00	76.92
N° 100	0.150	347.30	18.06
N° 200	0.074	94.40	2.07
< N° 200		30.80	-3.15



Grava (%)	2.07	Arena (%)	95.87	Finos (%)	2.07
-----------	------	-----------	-------	-----------	------

2.- CALCULO DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA

$D_{10} = 0.11$ $C_U = D_{60}/D_{10}$ $C_c = (D_{30})^2/(D_{10} \times D_{60})$
 $D_{30} = 0.19$ $C_U = 2.82$ $C_U = 1.06$
 $D_{60} = 0.31$
 CU: Coeficiente de Uniformidad
 CC: Coeficiente de Curvatura

3.- LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM-D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		CONSISTENCIA
	Formula	Tara N°01	Tara N°02	Tara N°03	Formula		Tara N° 04
1.- N° de Golpes						
2.- Peso Tara (gr)						LL =
3.- Peso Tara + Suelo Humedo (gr)						N.P.
4.- Peso Tara + Suelo Seco (gr)						LP =
5.- Peso de Agua (gr)	(3)-(4)				(3)-(4)	N.P.
6.- Peso Suelo Seco, (gr)	(4)-(2)				(4)-(2)	IP =
7.- Contenido de Humedad (%)	(4)/(5)*100				(4)/(6)*100	N.P.



Limite Liquido Metodo un Punto

$$LL = W \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

N = Numero de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad
 Wn = Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

Wn =	0
N =	0
LL =	0 %

GEOMG S.A.C.
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo
 CIP N° 88738

4.- CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM - D2216)

Procedimiento	Fórmula	Tara No
		12
1. Peso Tara, [gr]		26.45
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		232.47
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		229.53
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	2.94
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	203.08
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	1.448

RESUMEN

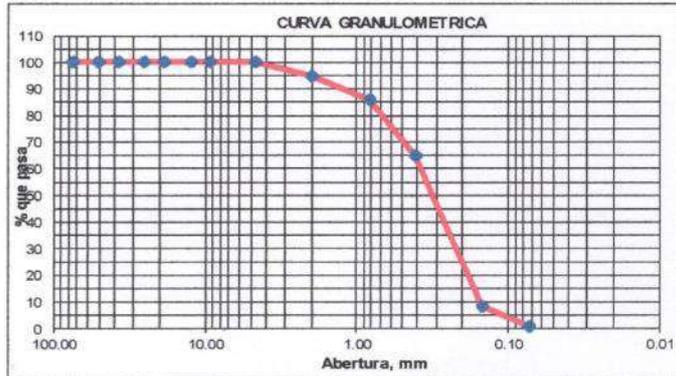
Clasificación AASHTO	A-2-4(0)
Clasificación SUCS	SP
Grava (No. 4 < Diam < 3")	2.07%
Arena (No. 200 < Diam < No. 4)	95.87%
Finos (Diam < No. 200)	2.07%
Limite Liquido	N.P.
Limite Plástico	N.P.
Indice Plasticidad	N.P.
Contenido de Humedad	1.45%

Proyecto:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL A. H. LOS JARDINES – NUEVO CHIMBOTE”						
Región:	ANCASH	Provincia:	SANTA	Distrito:	NUEVO CHIMBOTE	Fecha:	7/09/2019
Material:	TERRENO NATURAL	Calicata:	C-3	Muestra:	M-2	De:	(0.70-1.50)

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr] 359.900

Mallas	Abertura [mm]	Peso Reten. [grs]	% Pasa
3"	76.000	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	100.00
N° 4	4.760	0.00	100.00
N° 10	2.000	18.00	95.00
N° 20	0.840	33.50	85.69
N° 40	0.420	75.20	64.80
N° 100	0.150	202.80	8.45
N° 200	0.074	27.50	0.81
< N° 200		2.90	0.00



Grava (%): 0.00 Arena (%): 99.19 Finos(%): 0.81

2.- CALCULO DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA

$D_{10} = 0.16$ $C_U = D_{60}/D_{10}$ $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$
 $D_{30} = 0.23$ $C_U = 2.44$ $C_c = 0.85$
 $D_{60} = 0.39$

CU: Coeficiente de Uniformidad
CC: Coeficiente de Curvatura

3.- LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM-D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		CONSISTENCIA	
	Formula	Tara N°01	Tara N°02	Tara N°03	Formula	Tara N° 04	
1.- N° de Golpes							LL = N.P.
2.- Peso Tara (gr)							LP = N.P.
3.- Peso Tara + Suelo Humedo (gr)							
4.- Peso Tara + Suelo Seco (gr)							IP = N.P.
5.- Peso de Agua (gr)	(3)-(4)				(3)-(4)		
6.- Peso Suelo Seco, (gr)	(4)-(2)				(4)-(2)		
7.- Contenido de Humedad (%)	(4)/(5)*100				(4)/(6)*100		



Limite Liquido Metodo un Punto

$$LL = W \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

N = Numero de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad
Wn = Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

Wn = 0
N = 0
LL = 0%

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

4.- CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM - D2216)

Procedimiento	Fórmula	Tara No
1. Peso Tara, [gr]		12
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		28.61
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		272.85
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	2.25
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	244.24
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)*100	0.921

RESUMEN

Clasificación AASHTO	A-3(0)
Clasificación SUCS	SP
Grava (No.4 < Diam < 3")	0.00%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	99.19%
Finos (Diam < No.200)	0.81%
Límite Líquido	N.P.
Límite Plástico	N.P.
Índice Plasticidad	N.P.
Contenido de Humedad	0.92%

CUADRO DE RESUMEN DE PROPIEDADES DE SUELOS POR CALICATAS						
N° CALICATA	C1		C2		C3	
N° DE MUESTRA	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Grava (No.4 < Diam < 3")	1.59%	0.00%	0.13%	0.00%	2.07%	0.00%
Arena (No.200 < Diam < 75)	96.27%	99.41%	99.46%	99.54%	95.87%	99.19%
Finos (Diam < No.200)	2.13%	0.59%	0.41%	0.46%	2.07%	0.81%
Límite Líquido	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
Límite Plástico	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
Índice Plasticidad	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
Contenido de Humedad	3.16%	0.65%	1.24%	0.86%	1.45%	0.92%

Con los datos obtenidos se procede a clasificar el suelo por SUCS Y AASHTO

N° CALICATA	C1		C2		C3	
N° DE MUESTRA	M1	M2	M1	M2	M1	M2
SUCS	SP	SP	SP	SP	SP	SP
AASHTO	A-2-4(0)	A-3(0)	A-2-4(0)	A-3(0)	A-2-4(0)	A-3(0)

SISTEMA CLASIFICACION SUCS

GRUESOS (< 50 % pasa 0.08 mm)						
Tipo de Suelo	Símbolo	% pasa 5 mm.***	% pasa 0.08 mm.	CU	CC	** IP
Gravas	GW	< 50	< 5	> 4	1 a 3	< 0.73 (wl-20) ó <4 > 0.73 (wl-20) ó >7
	GP			≤ 6	<16>3	
	GM					
	GC					
Arenas	SW	> 50	< 5	> 6	1 a 3	< 0.73 (wl-20) ó <4 > 0.73 (wl-20) y >7
	SP			≤ 6	<16>3	
	SM					
	SC					

* Entre 5 y 12% usar símbolo doble como GW-GC, GP-GM, SW-SM, SP-SC.
 *** respecto a la fracción retenida en el tamiz 0.080 mm
 ** Si IP ≥ 0.73 (wl-20) ó si IP entre 4 y 7 e IP > 0.73 (wl-20), usar símbolo doble: GM-GC, SM-SC.
 En casos dudosos favorecer clasificación menos plástica Ej: GW-GM en vez de GW-GC.

$$C_u = (D_{60}) / (D_{10})$$

$$C_c = (D_{30}^2) / (D_{60} \cdot D_{10})$$

SISTEMA CLASIFICACION AASHTO

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0.08 mm								Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm				
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		
	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6	
Análisis granulométrico													
% que pasa por el tamiz de:													
2 mm	máx. 50	máx. 50	min. 50	máx. 35	Máx.35	máx. 35	máx. 35	min. 35	min. 35	min. 35	min. 35	min. 35	
0.5 mm	máx. 30	máx. 25	máx.10										
0.08 mm	máx. 15	máx. 25	máx.10										
Límites Atterberg													
límite de liquido				máx. 40	min. 40	máx. 40	min. 40	máx. 40	máx. 40	máx. 40	min. 40	min. 40	
índice de plasticidad	máx. 6	máx. 6		máx. 10	máx. 10	min. 10	min. 10	máx. 10	máx. 10	min. 10	min. 10	min. 10	
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx. 4	máx. 4	máx. 8	máx. 12	máx. 16	máx. 20	máx. 20	
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos			
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno						De pasable a malo						

ANEXO N° 02

ENSAYO COMPACTACION

2.1. PROCTOR MODIFICADO

Se hizo el ensayo del proctor modificado para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³)). (ASTM – D1557)

EQUIPOS Y MATERIALES

- Ensamblaje del Molde
- Molde de 6 pulgadas
- Pisón o Martillo
- Balanza
- Horno de Secado
- Regla
- Tamices o Mallas

Consiste en Compactar el espécimen en cinco capas con 25 golpes cada capa para el molde de 101,6 mm (4 pulg) ó 56 golpes para el molde de 152,4 mm (6 pulgadas). Cuidadosamente enrasar el espécimen compactado, por medio de una regla recta a través de la parte superior e inferior del molde para formar una superficie plana en la parte superior e inferior del molde por ultimo obtener el contenido de humedad.

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

Peso Unitario Seco.- Calcular la densidad húmeda (ecuación 1), la densidad seca (ecuación 2) y luego el Peso Unitario Seco (ecuación 3) como sigue:

$$p_m = 1000x \frac{(M_t - M_m)}{V}$$

Donde:

p_m = Densidad Húmeda del espécimen compactado (Mg/m³)

M_t = Masa del espécimen húmedo y molde (kg)

M_m = Masa del molde de compactación (kg)

V = Volumen del molde de compactación (m³)

$$p_d = \frac{p_m}{1 + \frac{w}{100}}$$

Donde:

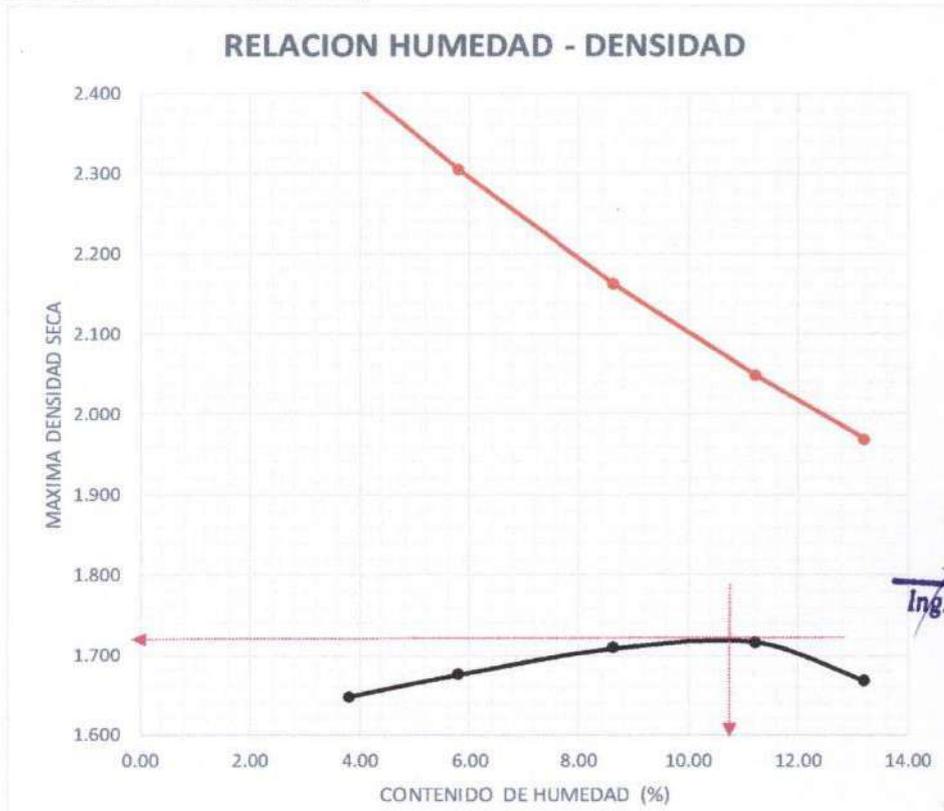
p_d = Densidad seca del espécimen compactado (Kg/m³)

w = contenido de agua (%)

Proyecto:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL A. H. LOS JARDINES – NUEVO CHIMBOTE”				
Región:	ANCASH	Provincia:	SANTA	Distrito:	NUEVO CHIMBOTE
Material:	TERRENO NATURAL	Calicata:	C-1	Profundidad:	-0.50 m.

ENSAYO DE COMPACTACION ASTM-D1557

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	9341.00	9469.00	9641.00	9750.00	9705.00
Peso molde	(gr)	5813.00	5813.00	5813.00	5813.00	5813.00
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	3528.00	3656.00	3828.00	3937.00	3892.00
Volumen del molde	(cm ³)	2062.00	2062.00	2062.00	2062.00	2062.00
Peso volumétrico húmedo	(gr)	1.71	1.77	1.86	1.91	1.89
Recipiente N°		1	2	3	4	5
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	217.73	189.68	201.82	217.29	128.05
Peso del suelo seco + tara	(gr)	210.72	180.80	188.02	197.72	115.50
Tara	(gr)	27.03	27.62	28.16	23.32	20.55
Peso de agua	(gr)	7.01	8.88	13.80	19.57	12.55
Peso del suelo seco	(gr)	183.69	153.18	159.86	174.40	94.95
Contenido de agua	(%)	3.82	5.80	8.63	11.22	13.22
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.648	1.676	1.709	1.717	1.667
Densidad máxima (gr/cm ³)						1.719
Humedad óptima (%)						10.40
Peso volumetrico seco saturado	2.415	2.305	2.163	2.049	1.968	
Gs	2.66					
Grado de saturacion S	100					
Peso esp. del agua	1	gr/cm3				

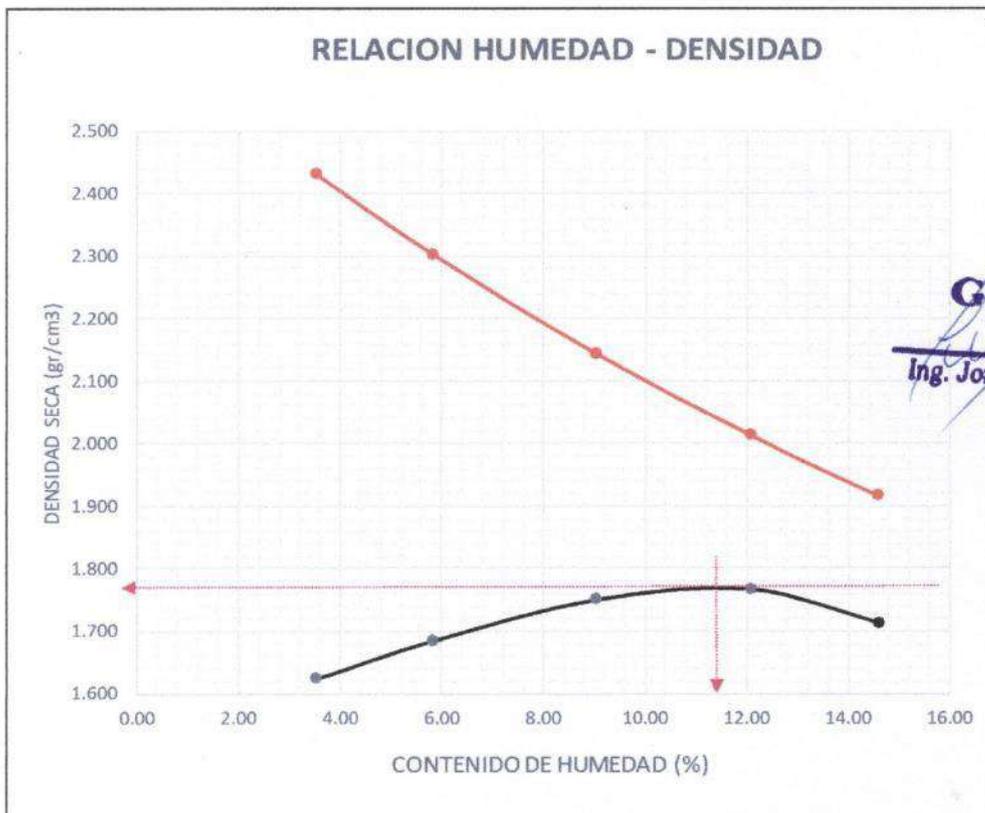


GEOMG S.A.C.
Jorge E. Morillo Trujillo
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo
 CIP N° 68738

Proyecto:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL A. H. LOS JARDINES – NUEVO CHIMBOTE”				
Región:	ANCASH	Provincia:	SANTA	Distrito:	NUEVO CHIMBOTE
Material:	TERRENO NATURAL	Calicata:	C-2	Profundidad:	-0.50 m.

ENSAYO DE COMPACTACION ASTM-D1557

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	9281.00	9490.00	9750.00	9899.00	9865.00
Peso molde	(gr)	5813.00	5813.00	5813.00	5813.00	5813.00
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	3468.00	3677.00	3937.00	4086.00	4052.00
Volumen del molde	(cm ³)	2062.00	2062.00	2062.00	2062.00	2062.00
Peso volumétrico húmedo	(gr)	1.68	1.78	1.91	1.98	1.97
Recipiente N°		1	2	3	4	5
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	93.7	112.35	111.9	119.1	127.05
Peso del suelo seco + tara	(gr)	91.15	107.2	104.2	108.25	113.5
Tara	(gr)	19.05	18.95	19.05	18.4	20.55
Peso de agua	(gr)	2.55	5.15	7.70	10.85	13.55
Peso del suelo seco	(gr)	72.10	88.25	85.15	89.85	92.95
Contenido de agua	(%)	3.54	5.84	9.04	12.08	14.58
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.624	1.685	1.751	1.768	1.715
Densidad máxima (gr/cm ³)						1.770
Humedad óptima (%)						11.580
Peso volumétrico seco saturado	2.431	2.303	2.144	2.013	1.917	
Gs	2.66					
Grado de saturacion S	100					
Peso esp. del agua	1	gr/cm ³				

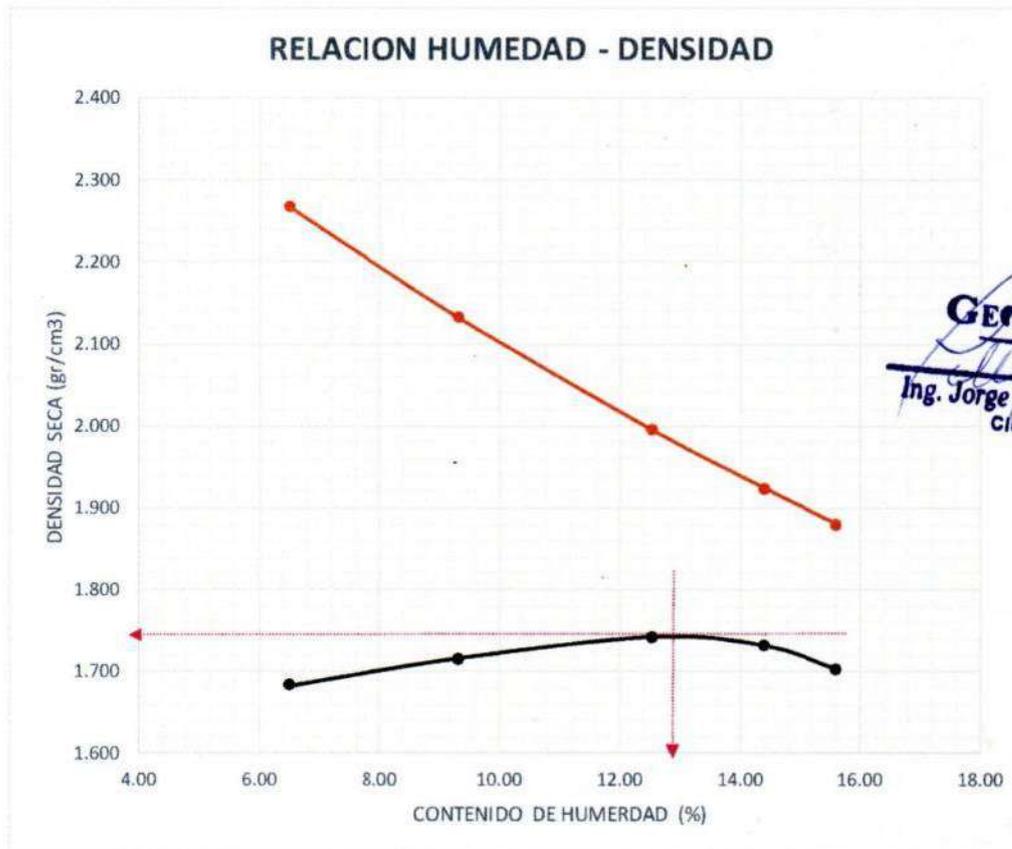


GEOMG S.A.C.
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo
 CIP N° 68738

Proyecto:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL A. H. LOS JARDINES – NUEVO CHIMBOTE”				
Región:	ANCASH	Provincia:	SANTA	Distrito:	NUEVO CHIMBOTE
Material:	TERRENO NATURAL Calicata:	C-3	Profundidad:	-0.50 m.	

ENSAYO DE COMPACTACION ASTM-D1557

Prueba N°		01	02	03	04	05
Peso suelo + molde	(gr)	9509.50	9680.00	9854.00	9897.00	9872.00
Peso molde	(gr)	5813.00	5813.00	5813.00	5813.00	5813.00
Peso suelo húmedo compactad	(gr)	3696.50	3867.00	4041.00	4084.00	4059.00
Volumen del molde	(cm ³)	2062.00	2062.00	2062.00	2062.00	2062.00
Peso volumétrico húmedo	(gr)	1.79	1.88	1.96	1.98	1.97
Recipiente N°		2	3	4	5	5
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	156.78	201.89	223.12	123.6	124.7
Peso del suelo seco + tara	(gr)	148.34	186.3	200.32	110.5	110.5
Tara	(gr)	18.95	19.05	18.4	19.55	19.6
Peso de agua	(gr)	8.44	15.59	22.80	13.10	14.20
Peso del suelo seco	(gr)	129.39	167.25	181.92	90.95	90.90
Contenido de agua	(%)	6.52	9.32	12.53	14.40	15.62
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	1.683	1.715	1.741	1.731	1.703
					Densidad máxima (gr/cm ³)	1.742
					Humedad óptima (%)	12.430
Peso volumetrico seco saturad	2.267	2.131	1.995	1.923	1.879	
Gs	2.66					
Grado de saturacion S	100					
Peso esp. del agua	1	gr/cm ³				



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

ANEXO N° 03

ENSAYO DE CBR

3.1. CBR

Se hizo el ensayo del para determinar un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). (ASTM D-1883)

EQUIPOS

- Molde de metal cilíndrico de $152,4\text{mm} \pm 0,66\text{ mm}$ ($6 \pm 0,026''$) de diámetro interior y de $177,8 \pm 0,46\text{ mm}$ ($7 \pm 0,018''$) de altura.
- Disco espaciador de metal de forma circular de $150,8\text{ mm}$ ($5\ 15/16''$) de diámetro exterior y de $61,37 \pm 0,127\text{ mm}$ ($2,416 \pm 0,005''$) de espesor.
- Pisón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo Proctor Modificado.
- Pesas. Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de $4,54 \pm 0,02\text{kg}$ y pesas ranuradas de metal cada una con masas de $2,27 \pm 0,02\text{ kg}$.
- Pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de $49,63 \pm 0,13\text{ mm}$ ($1,954 \pm 0,005''$) de diámetro.
- Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm ($1''$) y divisiones lecturas en $0,025\text{ mm}$ ($0,001''$).
- Tanque, con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.
- Estufa, termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5\text{ °C}$.

- Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g con sensibilidades de 1 g y 0,1 g, respectivamente.
- Tamices, de 4,76 mm (No. 4), 19,05 mm (3/4") y 50,80 mm (2").
- Misceláneos, de uso general como cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde.



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

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-1
MUESTRA : M-2

CLASE (SUCS) SP
CLASE (AASHTO) A-3(0)

TAMIZ	Nº10(%)	Nº40(%)	Nº200(%)	ENSAYO DE COMPACTACION		
PASA%	97.23	87.55	0.59	METODO	DENSIDAD MAXIMA	HUMEDAD OPTIMA
LL/IP	N.P.	N.P.		A-3(0)	1.719	10.40

COMPACTACION

Molde Nº	1		2		3	
	56		25		10	
Capas Nº	5		5		5	
Capas Nº	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	10775.00	11190.00	12470.00	12900.00	12221.00	12490.00
Peso de molde (g)	6836.00	6836.00	8587.00	8587.00	8494.00	8494.00
Peso del suelo húmedo (g)	3939.00	4354.00	3883.00	4313.00	3727.00	3996.00
Volumen del molde (cm ³)	2105.00	2196.00	2158.00	2250.00	2113.00	2204.00
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.871	1.983	1.799	1.917	1.764	1.813
Tara (Nº)	1	2	3	4	5	6
Peso suelo húmedo + tara (g)	252.06	188.74	232.11	215.67	244.42	231.28
Peso suelo seco + tara (g)	233.07	166.06	212.54	188.73	223.33	201.75
Peso de tara (g)	27.16	27.61	27.56	27.44	27.19	27.16
Peso de agua (g)	18.99	22.68	19.57	26.94	21.09	29.53
Peso de suelo seco (g)	205.91	138.45	184.98	161.29	196.14	174.59
Contenido de humedad (%)	9.22	16.38	10.58	16.70	10.75	16.91
Densidad seca (g/cm ³)	1.713	1.704	1.627	1.643	1.593	1.551

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
		00 Hrs.	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
		24 Hrs.	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
		48 Hrs.	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00

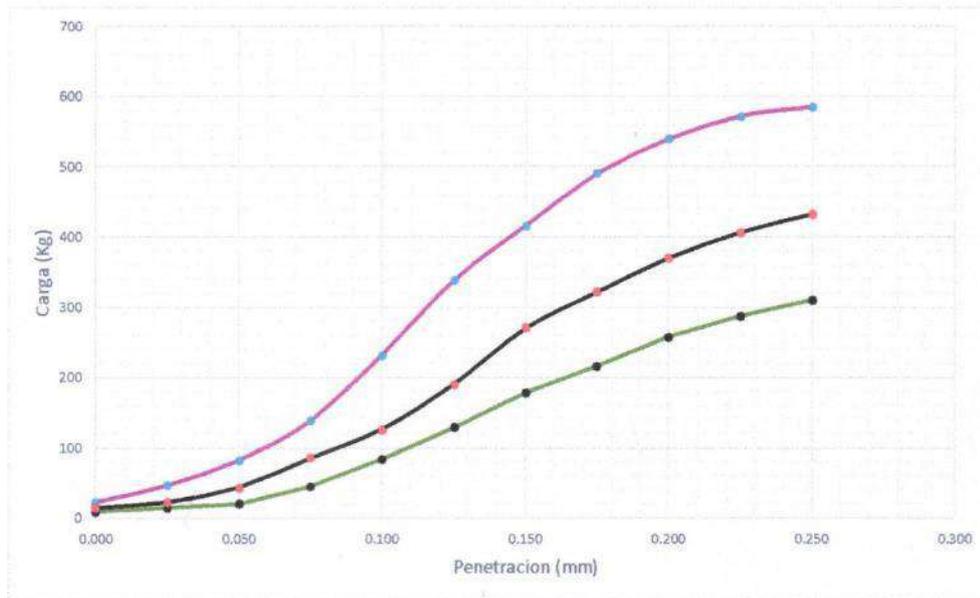
PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDENº01			MOLDENº02			MOLDENº03		
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION	
Pulgadas	kg/cm ²	kg	kg	%	kg	kg	%	kg	lb	%
0.000		22			14			9		
0.025		46			22			15		
0.050		82			42			20		
0.075		139			85			45		
0.100	70	232	315	23.0	126	180	13.1	84	113	8.3
0.125		339			190			130		
0.150		416			270			179		
0.175		491			322			217		
0.200	106	540	566	27.5	371	394	19.1	258	272	13.2
0.225		573			407			288		
0.250		585			433			310		

GEOMG S.A.C.

 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo
 CIP Nº 68738

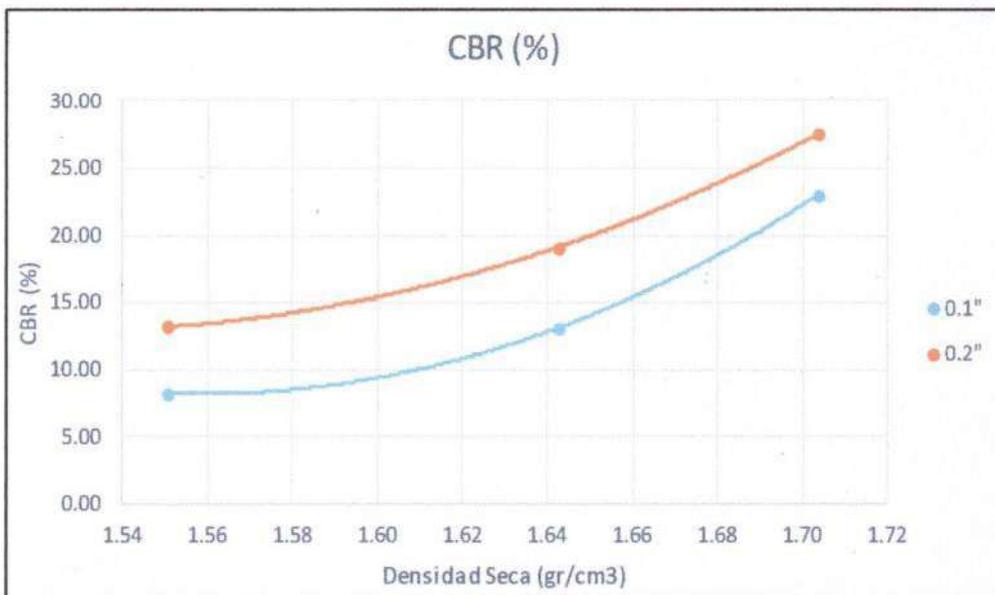
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM 1883



56	
CBR (0.1")	22.9820577
CBR (0.2")	27.5045927
Densidad (g.)	1.70361965

25	
CBR (0.1")	13.1078729
CBR (0.2")	19.1276345
Densidad (g.)	1.64253843

10	
CBR (0.1")	8.26353755
CBR (0.2")	13.2016729
Densidad (g.)	1.55077108



MÉTODO DE COMPACTACION		ASTM D1557	
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)		1.719	
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		10.400	
CLASIFICACION SUCS		SP	
CLASIFICACION AASHTO		A-3(0)	
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	26.30	0.2": 30.20
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	12.05	0.2": 18.17

GEOMG S.A.C.

 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo
 CIP N° 68738

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

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-2
MUESTRA : M-2

CLASE. (SUCS) SP
CLASE. (AASHTO) A-3(0)

TAMIZ	Nº10(%)	Nº40(%)	Nº200(%)	ENSAYO DE COMPACTACION		
PASA%	97.98	90.86	0.46	METODO	DENSIDAD MAXIMA	HUMEDAD OPTIMA
LL/IP	N.P.	N.P.		A-3(0)	1.77	11.58

COMPACTACION

Molde Nº	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Capas Nº	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		10	
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	10698.00	11176.00	12498.00	12930.00	12301.00	12501.00
Peso de molde (g)	6836.00	6836.00	8587.00	8587.00	8494.00	8494.00
Peso del suelo húmedo (g)	3862.00	4340.00	3911.00	4343.00	3807.00	4007.00
Volumen del molde (cm ³)	2105.00	2196.00	2158.00	2250.00	2113.00	2204.00
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.835	1.976	1.812	1.930	1.802	1.818
Tara (Nº)	1	2	3	4	5	6
Peso suelo húmedo + tara (g)	234.00	205.54	182.20	165.12	203.89	178.00
Peso suelo seco + tara (g)	226.10	183.67	172.54	145.65	186.56	161.12
Peso de tara (g)	27.16	27.61	27.56	27.44	27.19	27.16
Peso de agua (g)	7.90	21.87	9.66	19.47	17.33	16.88
Peso de suelo seco (g)	198.94	156.06	144.98	118.21	159.37	133.96
Contenido de humedad (%)	3.97	14.01	6.66	16.47	10.87	12.60
Densidad seca (g/cm ³)	1.765	1.733	1.699	1.657	1.625	1.615

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
		00 Hrs.	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
		24 Hrs.	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
		48 Hrs.	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00

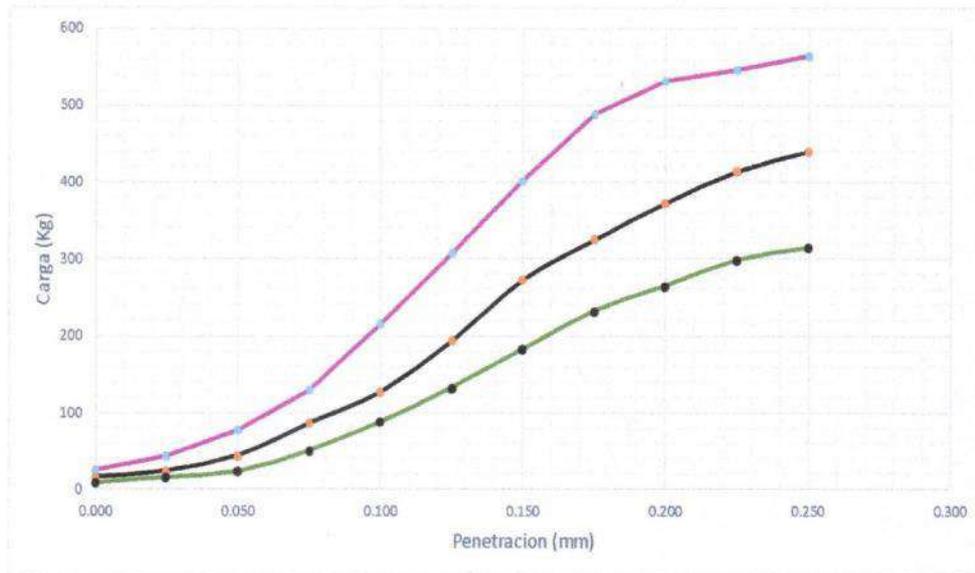
PENETRACION

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE Nº 01				MOLDE Nº 02				MOLDE Nº 03			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		kg	kg	kg	%	kg	kg	%	kg	kg	lb	%	
0.000		25				16				9			
0.025		43				24				16			
0.050		77				44				23			
0.075		131				86				51			
0.100	70	215	297	21.6		128	189	13.8		89	120	8.7	
0.125		308				193				133			
0.150		402				273				183			
0.175		490				325				232			
0.200	106	533	547	26.6		374	402	19.5		265	282	13.7	
0.225		547				415				299			
0.250		564				440				314			

GEOMG S.A.C.

 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo
 CIP Nº 68738

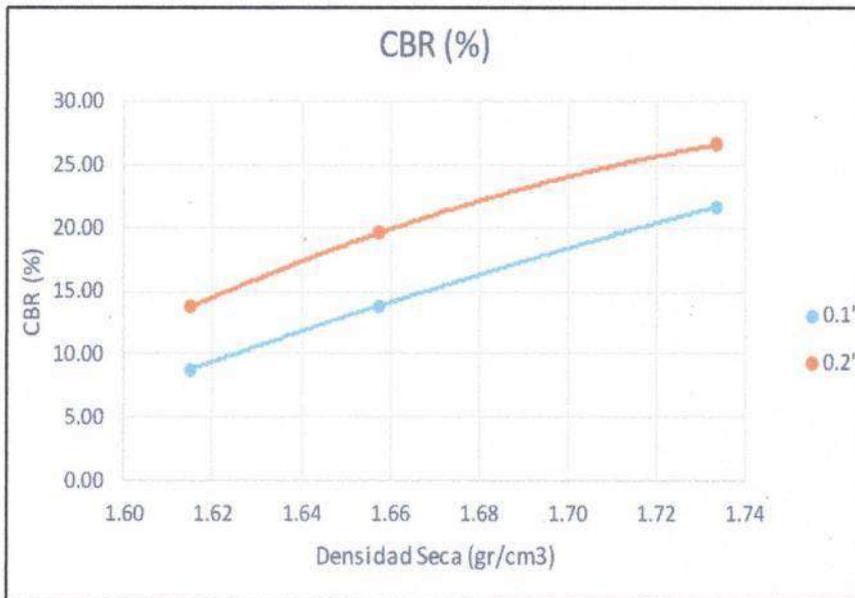
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM 1883



56	
CBR (0.1")	21.635254
CBR (0.2")	26.5783461
Densidad (g/	1.73340409

25	
CBR (0.1")	13.8000344
CBR (0.2")	19.5444395
Densidad (g/	1.65726009

10	
CBR (0.1")	8.74718275
CBR (0.2")	13.6817685
Densidad (g/	1.61460528



METODO DE COMPACTACION	:	ASTM D1557	
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	:	1.770	
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	11.580	
CLASIFICACION SUCS		SP	
CLASIFICACION AASHTO		A-3(0)	
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	28.37	0.2": 25.84
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	22.24	0.2": 17.44

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

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

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : TERRENO NATURAL

CLASE. (SUCS)

SP

MUESTRA : M-2

CLASE. (AASHTO)

A-3(0)

TAMIZ	Nº10(%)	Nº40(%)	Nº200(%)	ENSAYO DE COMPACTACION		
PASA %	95.00	64.80	0.81	METODO	DENSIDAD MAXIMA	HUMEDAD OPTIMA
LI/IP	N.P.	N.P.		A-3(0)	1.742	12.43

COMPACTACION

Molde Nº	1		2		3	
Capas Nº	5		5		5	
Coplas por capa Nº	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	10588.00	11076.00	12386.00	12846.00	12255.00	12465.00
Peso de molde (g)	6836.00	6836.00	8587.00	8587.00	8494.00	8494.00
Peso del suelo húmedo (g)	3752.00	4240.00	3799.00	4259.00	3761.00	3971.00
Volumen del molde (cm ³)	2105.00	2196.00	2158.00	2250.00	2113.00	2204.00
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.782	1.931	1.760	1.893	1.780	1.802
Tara (Nº)	1	2	3	4	5	6
Peso suelo húmedo + tara (g)	214.00	125.56	218.12	234.12	153.19	175.23
Peso suelo seco + tara (g)	209.50	115.41	210.00	210.00	143.45	161.45
Peso de tara (g)	27.16	27.61	27.56	27.44	27.19	27.16
Peso de agua (g)	4.50	10.15	8.12	24.12	9.74	13.78
Peso de suelo seco (g)	182.34	87.80	182.44	182.56	116.26	134.29
Contenido de humedad (%)	2.47	11.56	4.45	13.21	8.38	10.26
Densidad seca (g/cm ³)	1.739	1.731	1.685	1.672	1.642	1.634

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
		00 Hrs.	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
		24 Hrs.	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
		48 Hrs.	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00

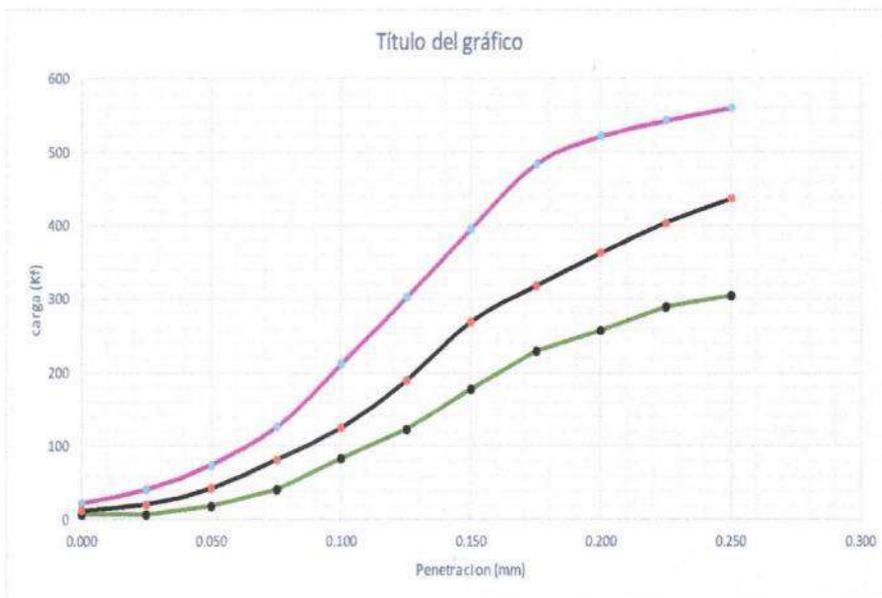
PENETRACION

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE Nº 01				MOLDE Nº 02				MOLDE Nº 03			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		kg	kg	kg	%	kg	kg	kg	%	kg	lb	lb	%
0.000		23				14				9			
0.025		41				22				9			
0.050		75				43				20			
0.075		126				82				41			
0.100	70	212	310	22.6		125	182	13.3		84	107	7.8	
0.125		303				190				123			
0.150		396				270				178			
0.175		485				318				229			
0.200	106	522	564	27.4		363	394	19.1		258	272	13.2	
0.225		543				404				291			
0.250		561				437				305			

GEOMG S.A.C.

 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo
 CIP Nº 68738

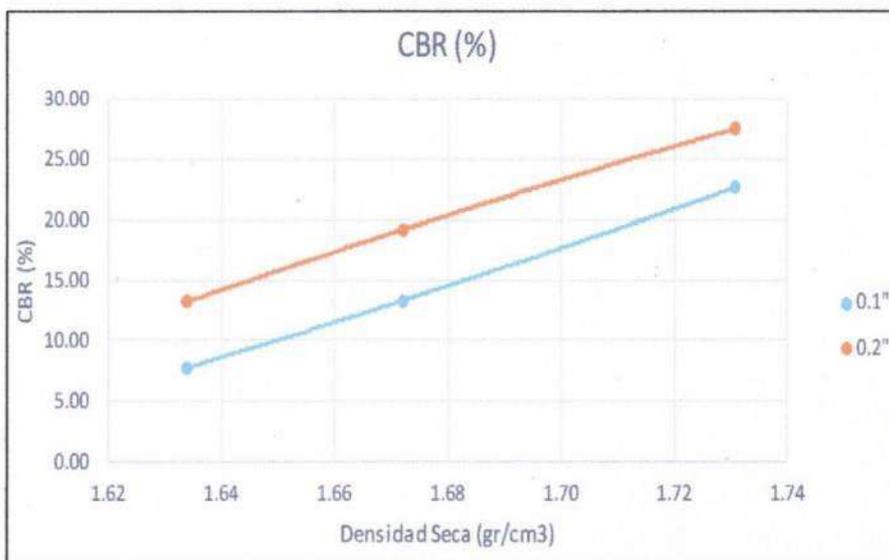
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM 1883



56	
CBR (0.1")	22.6024463
CBR (0.2")	27.4194323
Densidad (g)	1.73070718

25	
CBR (0.1")	13.2954225
CBR (0.2")	19.1358886
Densidad (g)	1.67198469

10	
CBR (0.1")	7.76512935
CBR (0.2")	13.1944553
Densidad (g)	1.63404832



METODO DE COMPACTACION	:	ASTM D1557	
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	:	1.742	
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	12.430	
CLASIFICACION SUCS	:	SP	
CLASIFICACION AASHTO	:	A-3(0)	
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	28.87	0.2": 24.50
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	16.51	0.2": 10.77

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

ANEXO N° 04

MODULO DE RESILIENCIA DE SUBRASANTE

N°	CALICATA	DATOS		PROCTOR			CBR (0.1")	
		CLASIF.	Prof. (m)	METODO	MDS	OCH	100% (MDS)	95% (MDS)
1	CAL-1	A-3(0)	(0.55-1.60)	A	1.719	10.40	26.30	12.05
2	CAL-2	A-3(0)	(0.75-1.60)	A	1.77	11.58	28.37	22.24
3	CAL-3	A-3(0)	(0.70-1.50)	A	1.742	12.43	28.87	16.51

CALCULO DEL CBR DE DISEÑO SEGÚN EL METODO DEL INSTITUTO DE ASFALTO (MS-1)1991

CBR 0.1"		
95% (MDS)	ORDEN	PERCENTIL(%)
22.24	1	33%
16.51	2	67%
12.05	3	100%

CBR DE DISEÑO	
CBR(%)	PERCENTIL(%)
16.51	67%
12.05	100%
14.83	87.5%

Tabla 7-8
Valor percentil por nivel de tránsito

Nivel de tránsito	Valor percentil para diseño de subrasante
< de 10,000 ESAL's	60
Entre 10,000 y 1,000,000 ESAL's	75
> de 1,000,000 ESAL's	87.5

Fuente: Instituto de Asfalto, (MS-1) 1,991

CALCULO DEL MODULO DE RESILENCIA

Para obtener el Módulo Resiliente a partir del CBR, se empleará la siguiente ecuación que correlaciona el Mr – CBR, obtenida del Appendix CC-1 “Correlation of CBR values with soil index properties” preparado el 2001 por NCHRP Project 1- 37A (National Cooperative Highway Research Program), documento que forma parte de MEPDG Mechanistic - Empirical Pavement Design Guide – AASHTO interim 2008):

$$Mr(\text{psi}) = 2555 * CBR^{0.64}$$

CBR (%) =	14.83
Mr(psi) =	14354.93

ANEXO N° 05 CONTEO VEHICULAR

ZONA DE INVESTIGACIÓN		A. H. LOS JARDINES - NUEVO CHIMBOTE	
VÍA/CALLE		PROLONGACION DOBLE VIA	
SENTIDO		← E	S →

N° DE ESTACIÓN	
FECHA	13/12/2018 jueves
DIA	1

HORA	SEN TID.	MOTO/ MOTOTAX I	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	%			
					PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		B2	B3/B4	C2	C3	C4	T2S1/ T2S2	T2S3	T3S1/ T3S2	>= T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3						
0:00-1:00	E	8	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0.38	
	S	9	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0.44
TOTALES	E	1175	1077	64	37	11	100	1	0	6	22	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2495	52.34
	S	978	1090	30	64	7	72	3	1	2	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2272	47.66
%	E	54.58	49.70	68.09	36.63	61.11	58.14	25.00	0.00	75.00	46.81	100.00						100.00								52.34	
	S	45.42	50.30	31.91	63.37	38.89	41.86	75.00	100.00	25.00	53.19	0.00						0.00								47.66	
T	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00						100.00								100.00	

ZONA DE INVESTIGACIÓN	A. H. LOS JARDINES - NUEVO CHIMBOTE		
VÍA/CALLE	PROLONGACION DOBLE VIA		
SENTIDO	← E	S →	

N° DE ESTACIÓN	
FECHA	14/12/2018 viernes
DIA	2

HORA	SEN. TID.	MOTO/ MOTOTAX I	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	%	
					PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		B2	B3/B4	C2	C3	C4	T2S1/ T2S2	T2S3	T3S1/ T3S2	>= T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3			
0:00-1:00	E	10	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0.46
0:00-1:00	S	7	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0.46
1:00-2:00	E	4	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0.25
1:00-2:00	S	3	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0.21
2:00-3:00	E	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0.21
2:00-3:00	S	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0.19
3:00-4:00	E	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0.19
3:00-4:00	S	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0.15
4:00-5:00	E	8	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0.38
4:00-5:00	S	9	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0.34
5:00-6:00	E	22	34	3	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	1.30
5:00-6:00	S	20	29	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	1.11
6:00-7:00	E	64	66	6	3	0	10	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151	3.17
6:00-7:00	S	62	64	3	3	0	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	2.94
7:00-8:00	E	98	95	8	5	2	12	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	225	4.72
7:00-8:00	S	65	78	4	13	2	6	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	171	3.59
8:00-9:00	E	72	63	5	3	2	8	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	156	3.27
8:00-9:00	S	60	70	3	3	0	8	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	148	3.10
9:00-10:00	E	65	41	13	9	2	9	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	144	3.02
9:00-10:00	S	58	62	6	3	0	12	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	3.15
10:00-11:00	E	71	48	11	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	2.94
10:00-11:00	S	63	64	3	5	0	6	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	147	3.08
11:00-12:00	E	70	68	6	4	2	7	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	159	3.34
11:00-12:00	S	65	64	3	4	1	10	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	3.15
12:00-13:00	E	93	88	5	4	3	9	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	208	4.36
12:00-13:00	S	71	72	2	11	1	9	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	169	3.55
13:00-14:00	E	70	64	3	4	1	3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	147	3.08
13:00-14:00	S	58	62	2	6	3	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	136	2.85
14:00-15:00	E	43	35	2	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85	1.78
14:00-15:00	S	38	32	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	1.57
15:00-16:00	E	48	40	1	1	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95	1.99
15:00-16:00	S	45	41	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	89	1.87
16:00-17:00	E	74	76	1	2	1	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	159	3.34
16:00-17:00	S	69	61	3	3	3	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143	3.00
17:00-18:00	E	82	89	0	2	0	9	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	187	3.92
17:00-18:00	S	90	108	0	8	1	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	215	4.51
18:00-19:00	E	91	84	5	3	0	12	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	201	4.22
18:00-19:00	S	48	68	0	11	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	133	2.79
19:00-20:00	E	73	62	4	3	1	7	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153	3.21
19:00-20:00	S	60	71	3	3	2	9	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	152	3.19
20:00-21:00	E	60	55	5	5	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	131	2.75
20:00-21:00	S	55	65	2	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127	2.66
21:00-22:00	E	41	51	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98	2.06
21:00-22:00	S	34	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	1.66
22:00-23:00	E	20	28	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	1.03
22:00-23:00	S	18	25	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	0.94
23:00-24:00	E	15	21	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	0.78
23:00-24:00	S	16	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	0.78
TOTALES	E	1203	1146	82	53	16	112	2	1	7	34	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2658	55.76
TOTALES	S	1020	1140	41	78	13	90	5	1	2	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2423	50.83
TOTALES	T	2223	2286	123	131	29	202	7	2	9	67	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5081	106.59
%	E	54.12	50.13	66.67	40.46	55.17	55.45	28.57	50.00	77.78	50.75	100.00					100.00						52.31	
%	S	45.88	49.87	33.33	59.54	44.83	44.55	71.43	50.00	22.22	49.25	0.00					0.00						47.69	
%	T	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00					100.00						100.00	

ZONA DE INVESTIGACIÓN	A. H. LOS JARDINES - NUEVO CHIMBOTE		
VÍA/CALLE	PROLONGACION DOBLE VIA		
SENTIDO	← E	S →	

N° DE ESTACIÓN	
FECHA	15/12/2018 sabado
DIA	3

HORA	SEN TID.	MOTO/ MOTOTAX I	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	%				
					PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		B2	B3/B4	C2	C3	C4	T2S1/ T2S2	T2S3	T3S1/ T3S2	≥ T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3								
0:00-1:00	E	6	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0.29		
	S	7	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0.31		
1:00-2:00	E	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0.19		
	S	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0.17		
2:00-3:00	E	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0.17		
	S	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.06		
3:00-4:00	E	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0.13		
	S	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.08		
4:00-5:00	E	5	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0.21		
	S	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0.21		
5:00-6:00	E	14	25	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	0.90		
	S	16	22	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0.84		
6:00-7:00	E	54	63	3	1	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128	2.69		
	S	58	61	2	1	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127	2.66		
7:00-8:00	E	85	80	4	3	1	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	182	3.82		
	S	64	74	2	6	1	6	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	155	3.25		
8:00-9:00	E	65	55	3	1	1	5	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	132	2.77		
	S	60	67	2	2	0	6	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	139	2.92		
9:00-10:00	E	61	38	9	5	1	8	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125	2.62		
	S	65	58	5	1	0	8	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	142	2.98		
10:00-11:00	E	66	45	8	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129	2.71		
	S	60	61	2	3	0	6	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	135	2.83		
11:00-12:00	E	64	62	4	3	1	7	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143	3.00		
	S	68	68	3	3	1	8	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153	3.21		
12:00-13:00	E	85	86	4	3	1	8	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	190	3.99		
	S	65	68	1	8	1	5	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	3.15		
13:00-14:00	E	66	61	2	2	1	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	136	2.85		
	S	55	58	1	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	121	2.54		
14:00-15:00	E	42	33	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78	1.64		
	S	37	32	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	1.51		
15:00-16:00	E	45	40	1	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	1.89		
	S	42	36	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81	1.70		
16:00-17:00	E	65	68	1	1	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	139	2.92		
	S	65	61	2	3	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	135	2.83		
17:00-18:00	E	76	84	0	2	0	6	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	171	3.59		
	S	84	98	0	6	1	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	197	4.13		
18:00-19:00	E	83	84	3	2	0	8	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	183	3.84		
	S	55	65	0	8	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	133	2.79		
19:00-20:00	E	70	56	3	3	1	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	141	2.96		
	S	58	67	3	3	0	6	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	139	2.92		
20:00-21:00	E	64	55	3	2	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130	2.73		
	S	58	60	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	123	2.58		
21:00-22:00	E	44	45	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	1.93		
	S	40	40	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81	1.70		
22:00-23:00	E	17	24	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	0.90		
	S	13	21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	0.73		
23:00-24:00	E	14	18	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	0.69		
	S	15	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0.67		
TOTALES	E	1102	1046	54	33	10	87	0	0	3	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2355	49.40		
	S	996	1055	30	51	6	68	3	1	2	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2230	46.78	
	T	2098	2101	84	84	16	155	3	1	5	37	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4585	96.18		
%	E	52.53	49.79	64.29	39.29	62.50	56.13	0.00	0.00	60.00	54.05	0.00															51.36		
	S	47.47	50.21	35.71	60.71	37.50	43.87	100.00	100.00	40.00	45.95	100.00																48.64	
	T	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00																100.00	

ZONA DE INVESTIGACIÓN	A. H. LOS JARDINES - NUEVO CHIMBOTE		
VÍA/CALLE	PROLONGACION DOBLE VIA		
SENTIDO	← E	S	→

N° DE ESTACIÓN	
FECHA	16/12/2018 domingo
DIA	4

HORA	SEN TID.	MOTO/ MOTOTAX I	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	%				
					PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		B2	B3/B4	C2	C3	C4	T2S1/ T2S2	T2S3	T3S1/ T3S2	>= T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3								
0:00-1:00	E	4	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0.23		
	S	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0.23		
1:00-2:00	E	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0.15		
	S	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0.15		
2:00-3:00	E	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.10		
	S	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.06		
3:00-4:00	E	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.08		
	S	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.08		
4:00-5:00	E	4	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0.19		
	S	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0.19		
5:00-6:00	E	10	23	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	0.78		
	S	13	19	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	0.71		
6:00-7:00	E	50	58	2	1	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	118	2.48		
	S	53	63	1	1	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	123	2.58		
7:00-8:00	E	68	72	2	3	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	152	3.19		
	S	57	68	2	4	0	5	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	138	2.89		
8:00-9:00	E	62	53	2	1	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	124	2.60		
	S	58	65	2	2	0	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134	2.81		
9:00-10:00	E	56	42	6	2	1	6	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	116	2.43		
	S	65	56	4	1	0	5	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134	2.81		
10:00-11:00	E	65	46	6	0	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125	2.62		
	S	60	59	2	3	0	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	132	2.77		
11:00-12:00	E	58	60	4	2	1	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	133	2.79		
	S	68	63	2	3	1	7	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	146	3.06		
12:00-13:00	E	75	78	3	3	0	4	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	166	3.48		
	S	62	64	1	5	1	4	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	139	2.92		
13:00-14:00	E	63	58	1	2	1	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129	2.71		
	S	55	56	1	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	118	2.48		
14:00-15:00	E	44	30	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77	1.62		
	S	37	31	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	1.47		
15:00-16:00	E	46	37	1	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88	1.85		
	S	42	34	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78	1.64		
16:00-17:00	E	62	57	1	1	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125	2.62		
	S	65	64	1	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	135	2.83		
17:00-18:00	E	68	76	0	2	0	5	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153	3.21		
	S	75	82	0	6	1	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	172	3.61		
18:00-19:00	E	78	68	2	2	0	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	158	3.31		
	S	55	62	0	5	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127	2.66		
19:00-20:00	E	68	54	2	3	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	132	2.77		
	S	58	63	3	2	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	132	2.77		
20:00-21:00	E	62	55	3	2	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128	2.69		
	S	48	56	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109	2.29		
21:00-22:00	E	36	43	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82	1.72		
	S	35	36	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	1.51		
22:00-23:00	E	15	22	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	0.80		
	S	11	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0.55		
23:00-24:00	E	14	14	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0.61		
	S	12	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0.55		
TOTALES	E	1015	966	40	29	8	70	0	0	2	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2146	45.02		
	S	944	987	24	40	5	60	2	1	2	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2079	43.61		
	T	1959	1953	64	69	13	130	2	1	4	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4225	88.63		
%	E	51.81	49.46	62.50	42.03	61.54	53.85	0.00	0.00	50.00	53.33																50.79		
	S	48.19	50.54	37.50	57.97	38.46	46.15	100.00	100.00	50.00	46.67																	49.21	
	T	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00																	100.00	

ZONA DE INVESTIGACIÓN	A. H. LOS JARDINES - NUEVO CHIMBOTE		
VÍA/CALLE	PROLONGACION DOBLE VIA		
SENTIDO	← E	S →	

N° DE ESTACIÓN	
FECHA	17/12/2018 lunes
DIA	5

HORA	SEN TID.	MOTO/ MOTOTAX I	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	%		
					PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		B2	B3/B4	C2	C3	C4	T2S1/ T2S2	T2S3	T3S1/ T3S2	>= T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3						
0:00-1:00	E	11	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0.55
	S	8	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0.48
1:00-2:00	E	5	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0.27
	S	3	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0.21
2:00-3:00	E	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0.21
	S	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0.21
3:00-4:00	E	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0.19
	S	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0.15
4:00-5:00	E	10	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0.42
	S	9	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0.34
5:00-6:00	E	25	34	3	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	1.41
	S	23	29	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	1.20
6:00-7:00	E	67	66	6	3	0	10	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	154	3.23
	S	68	64	3	3	0	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	146	3.06
7:00-8:00	E	98	98	8	5	2	12	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	228	4.78
	S	66	80	4	13	2	6	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	174	3.65
8:00-9:00	E	74	63	5	5	2	8	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	3.36
	S	61	70	4	5	0	8	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	152	3.19
9:00-10:00	E	66	45	15	9	2	10	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	152	3.19
	S	60	62	6	3	0	12	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	152	3.19
10:00-11:00	E	73	48	13	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	144	3.02
	S	65	64	4	5	0	6	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	3.15
11:00-12:00	E	71	68	7	6	2	7	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	163	3.42
	S	65	64	6	4	1	10	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153	3.21
12:00-13:00	E	93	89	5	6	3	9	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	211	4.43
	S	71	72	4	11	1	9	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	171	3.59
13:00-14:00	E	70	64	4	4	1	3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	148	3.10
	S	58	62	3	8	3	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	139	2.92
14:00-15:00	E	43	37	3	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88	1.85
	S	38	32	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76	1.59
15:00-16:00	E	48	40	1	1	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95	1.99
	S	46	43	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	1.93
16:00-17:00	E	74	76	2	2	2	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	3.36
	S	69	61	3	3	1	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	141	2.96
17:00-18:00	E	82	93	0	2	0	9	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	190	3.99
	S	96	110	0	8	1	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	223	4.68
18:00-19:00	E	91	84	6	3	0	12	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	202	4.24
	S	48	68	0	11	0	5	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134	2.81
19:00-20:00	E	73	62	5	3	1	7	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	154	3.23
	S	60	71	3	3	2	9	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	152	3.19
20:00-21:00	E	60	56	5	6	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	132	2.77
	S	55	65	2	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130	2.73
21:00-22:00	E	41	52	2	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	2.10
	S	34	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	1.66
22:00-23:00	E	20	28	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	1.05
	S	20	26	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	1.01
23:00-24:00	E	15	22	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0.84
	S	18	21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0.84
TOTALES	E	1219	1166	92	63	17	115	2	1	6	33	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2716	56.98	
	S	1048	1148	50	84	11	93	5	1	2	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2475	51.92
	T	2267	2314	142	147	28	208	7	2	8	66	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5191	108.89
%	E	53.77	50.39	64.79	42.86	60.71	55.29	28.57	50.00	75.00	50.00	100.00					100.00									52.32	
	S	46.23	49.61	35.21	57.14	39.29	44.71	71.43	50.00	25.00	50.00	0.00					0.00									47.68	
	T	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00					100.00									100.00	

ZONA DE INVESTIGACIÓN	A. H. LOS JARDINES - NUEVO CHIMBOTE		
VÍA/CALLE	PROLONGACION DOBLE VIA		
SENTIDO	← E	S →	

N° DE ESTACIÓN	
FECHA	18/12/2018 martes
DIA	6

HORA	SEN TID.	MOTO/ MOTOTAX I	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	%	
					PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		B2	B3/B4	C2	C3	C4	T2S1/ T2S2	T2S3	T3S1/ T3S2	>= T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3					
0:00-1:00	E	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0.42
	S	9	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0.44
1:00-2:00	E	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0.23
	S	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0.19
2:00-3:00	E	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0.17
	S	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0.13
3:00-4:00	E	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0.17
	S	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.10
4:00-5:00	E	6	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0.25
	S	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0.25
5:00-6:00	E	20	31	3	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	1.22
	S	18	25	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	0.96
6:00-7:00	E	60	66	5	2	0	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	142	2.98
	S	58	61	3	1	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129	2.71
7:00-8:00	E	95	91	6	3	1	11	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	211	4.43
	S	60	74	3	11	1	6	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	158	3.31
8:00-9:00	E	70	60	3	2	1	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	144	3.02
	S	58	67	3	2	0	6	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	141	2.96
9:00-10:00	E	63	38	11	7	1	9	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	134	2.81
	S	57	63	6	1	0	12	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	148	3.10
10:00-11:00	E	69	45	10	0	1	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	135	2.83
	S	62	61	2	5	0	6	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	139	2.92
11:00-12:00	E	68	63	4	4	2	7	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	3.15
	S	63	68	3	3	1	8	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	148	3.10
12:00-13:00	E	93	86	5	3	1	9	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	201	4.22
	S	52	70	1	11	2	6	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	146	3.06
13:00-14:00	E	71	62	2	3	1	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	144	3.02
	S	55	60	2	6	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128	2.69
14:00-15:00	E	41	33	2	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	1.66
	S	38	32	1	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	1.57
15:00-16:00	E	48	41	1	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94	1.97
	S	43	38	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84	1.76
16:00-17:00	E	73	71	1	1	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	3.15
	S	68	62	2	3	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	139	2.92
17:00-18:00	E	80	81	0	2	0	8	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	175	3.67
	S	88	108	0	7	1	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	212	4.45
18:00-19:00	E	90	85	5	4	0	11	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	199	4.17
	S	49	65	0	10	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130	2.73
19:00-20:00	E	72	58	4	3	2	8	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	149	3.13
	S	60	67	3	3	1	8	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	144	3.02
20:00-21:00	E	60	53	3	3	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125	2.62
	S	55	62	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	123	2.58
21:00-22:00	E	42	47	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93	1.95
	S	38	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	1.68
22:00-23:00	E	20	25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	0.96
	S	20	22	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	0.92
23:00-24:00	E	16	19	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	0.78
	S	17	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0.76
TOTALES	E	1179	1085	68	43	12	103	1	0	8	24	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2525	52.97
	S	984	1093	36	67	10	77	5	2	3	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2303	48.31
	T	2163	2178	104	110	22	180	6	2	11	50	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4828	101.28
%	E	54.51	49.82	65.38	39.09	54.55	57.22	16.67	0.00	72.73	48.00	100.00					100.00								52.30	
	S	45.49	50.18	34.62	60.91	45.45	42.78	83.33	100.00	27.27	52.00	0.00					0.00								47.70	
	T	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00					100.00								100.00	

ZONA DE INVESTIGACIÓN	A. H. LOS JARDINES - NUEVO CHIMBOTE		
VÍA/CALLE	PROLONGACION DOBLE VIA		
SENTIDO	← E	S →	

N° DE ESTACIÓN	
FECHA	19/12/2018 miercoles
DIA	7

HORA	SEN TID.	MOTO/ MOTOTAX I	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	%	
					PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		B2	B3/B4	C2	C3	C4	T2S1/ T2S2	T2S3	T3S1/ T3S2	>= T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3					
0:00-1:00	E	6	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0.34
	S	8	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0.42
1:00-2:00	E	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0.21
	S	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0.17
2:00-3:00	E	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0.17
	S	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.10
3:00-4:00	E	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0.15
	S	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.08
4:00-5:00	E	5	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0.23
	S	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0.21
5:00-6:00	E	15	30	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	1.05
	S	17	25	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	0.92
6:00-7:00	E	55	65	5	2	0	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	136	2.85
	S	60	61	2	1	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129	2.71
7:00-8:00	E	85	91	6	3	1	11	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	201	4.22
	S	64	74	2	11	1	6	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	161	3.38
8:00-9:00	E	65	60	3	2	1	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	139	2.92
	S	60	67	2	2	0	6	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	139	2.92
9:00-10:00	E	61	38	11	7	1	9	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	132	2.77
	S	67	62	5	1	0	11	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	155	3.25
10:00-11:00	E	66	45	9	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130	2.73
	S	60	61	2	4	0	6	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	136	2.85
11:00-12:00	E	65	62	4	3	2	7	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	145	3.04
	S	68	68	3	3	1	8	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153	3.21
12:00-13:00	E	89	86	5	3	1	9	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	196	4.11
	S	65	70	1	10	1	5	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	155	3.25
13:00-14:00	E	67	61	2	2	1	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	137	2.87
	S	55	60	1	5	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125	2.62
14:00-15:00	E	42	33	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	1.66
	S	37	32	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	1.51
15:00-16:00	E	46	40	1	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91	1.91
	S	42	38	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83	1.74
16:00-17:00	E	65	71	1	1	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	142	2.98
	S	63	61	2	3	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	132	2.77
17:00-18:00	E	76	81	0	2	0	7	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170	3.57
	S	84	108	0	7	1	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	208	4.36
18:00-19:00	E	83	84	4	2	0	10	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	187	3.92
	S	55	65	0	10	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	136	2.85
19:00-20:00	E	70	58	4	3	1	7	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	145	3.04
	S	58	67	3	3	1	8	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	142	2.98
20:00-21:00	E	64	52	3	2	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127	2.66
	S	58	62	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	126	2.64
21:00-22:00	E	44	47	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95	1.99
	S	40	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82	1.72
22:00-23:00	E	18	25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	0.92
	S	14	22	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	0.78
23:00-24:00	E	14	18	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	0.69
	S	15	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	0.69
TOTALES	E	1111	1077	64	37	11	100	1	0	6	22	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2431	51.00
	S	1001	1090	30	64	7	72	3	1	2	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2295	48.14
	T	2112	2167	94	101	18	172	4	1	8	47	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4726	99.14
%	E	52.60	49.70	68.09	36.63	61.11	58.14	25.00	0.00	75.00	46.81	100.00				100.00									51.44	
	S	47.40	50.30	31.91	63.37	38.89	41.86	75.00	100.00	25.00	53.19	0.00				0.00									48.56	
	T	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00				100.00										100.00

ANEXO N° 06

INDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)

RESUMEN VOLUMEN VEHICULAR DIARIO

DÍA	SENTIDO	VEHICULO LIGERO							OMNINUS		CAMION UNITARIO			CAMION ACOPLADO							
		MOTO/ MOTOTAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
					PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		B2	B3/B4	C2	C3	C4	T2S1/ T2S2	T2S3	T3S1/ T3S2	>=T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3
1	E	1175	1077	64	37	11	100	1	0	6	22	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	S	978	1090	30	64	7	72	3	1	2	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T	2153	2167	94	101	18	172	4	1	8	47	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2	E	1203	1146	82	53	16	112	2	1	7	34	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	S	1020	1140	41	78	13	90	5	1	2	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T	2223	2286	123	131	29	202	7	2	9	67	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
3	E	1102	1046	54	33	10	87	0	0	3	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	996	1055	30	51	6	68	3	1	2	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T	2098	2101	84	84	16	155	3	1	5	37	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	E	1015	966	40	29	8	70	0	0	2	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	944	987	24	40	5	60	2	1	2	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T	1959	1953	64	69	13	130	2	1	4	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	E	1219	1166	92	63	17	115	2	1	6	33	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	S	1048	1148	50	84	11	93	5	1	2	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T	2267	2314	142	147	28	208	7	2	8	66	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
6	E	1179	1085	68	43	12	103	1	0	8	24	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	S	984	1093	36	67	10	77	5	2	3	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T	2163	2178	104	110	22	180	6	2	11	50	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
7	E	1111	1077	64	37	11	100	1	0	6	22	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	S	1001	1090	30	64	7	72	3	1	2	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T	2112	2167	94	101	18	172	4	1	8	47	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
TOTAL SEMANA	E	8004	7563	464	295	85	687	7	2	38	171	5	0	0	0	5	0	0	0	0	0
	S	6971	7603	241	448	59	532	26	8	15	173	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T	14975	15166	705	743	144	1219	33	10	53	344	6	0	0	0	0	5	0	0	0	0

CÁLCULO DEL ÍNDICE MEDIO DIARIO SEMANAL (IMDs)

IMDs	SENTIDO	VEHICULO LIGERO							OMNINUS		CAMION UNITARIO			CAMION ACOPLADO							
		MOTO/ MOTOTAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
					PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		B2	B3/B4	C2	C3	C4	T2S1/ T2S2	T2S3	T3S1/ T3S2	>=T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3
E	1143	1080	66	42	12	98	1	0	5	24	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
S	996	1086	34	64	8	76	4	1	2	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T	2139	2166	100	106	20	174	5	1	7	49	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	

CÁLCULO DEL FACTOR DE CORRECCIÓN MENSUAL (FCm)

ESTACIÓN DE PEAJE	VESIQUE
FACTOR DE CORRECCIÓN MENSUAL (FCm)	
VEHICULOS LIGEROS	VEHICULOS PESADOS
0.6992	0.7587

MES DE ESTUDIO	DICIEMBRE
----------------	-----------

(*) Los valores del Factor de Corrección Mensual de vehículos ligeros y pesados por unidad de peaje, son obtenidos de dichas unidades. En este caso se encuentra en los Formatos 1.1A y 1.1B respectivamente del R. M. 633-2018 MTC/01 "Ficha Técnica Estandar, Instructivo y Líneas de Corte para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión en Carreteras Interurbanas".

$$IMD = IMds * FCm$$

$$IMDs = Vi / 7$$

Donde:
Vi = Volumen vehicular total de 7 días

$$FCm = \frac{IMD \text{ anual}}{IMD \text{ del mes del Estudio de la Unidad Peaje}}$$

Donde:
FCm = factor de corrección mensual clasificado por cada tipo de vehículo
IMD = Volumen Promedio Diario Anual clasificado de la U. Peaje
IMD mes del Estudio = Volumen Promedio Diario, del mes en U. Peaje

CÁLCULO DEL ÍNDICE MEDIO DIARIO AL AÑO CERO (IMD)

IMD	ITEM	VEHICULO LIGERO							OMNINUS		CAMION UNITARIO			CAMION ACOPLADO							
		MOTO/ MOTOTAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
					PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		B2	B3/B4	C2	C3	C4	T2S1/ T2S2	T2S3	T3S1/ T3S2	>=T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3
IMDs	2139	2166	100	106	20	174	5	1	7	49	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
FCm	0.699	0.699	0.699	0.699	0.699	0.699	0.699	0.759	0.759	0.759	0.759	0.759	0.759	0.759	0.759	0.759	0.759	0.759	0.759	0.759	
IMD	1495.5888	1514.4672	69.92	74.1152	13.984	121.6608	3.496	0.7587	5.3109	37.1763	0.7587	0	0	0	0	0.7587	0	0	0	0	

CÁLCULO DEL ÍNDICE MEDIO DIARIO SEMANAL (IMDs)

IMDs	SENTIDO	VEHICULO LIGERO							OMNINUS		CAMION UNITARIO			CAMION ACOPLADO							
		MOTO/ MOTOTAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
					PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		B2	B3/B4	C2	C3	C4	T2S1/ T2S2	T2S3	T3S1/ T3S2	>= T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3
E	1143	1080	66	42	12	98	1	0	5	24	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
S	996	1086	34	64	8	76	4	1	2	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T	2139	2166	100	106	20	174	5	1	7	49	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

CÁLCULO DEL FACTOR DE CORRECCIÓN MENSUAL (Fcm)

ESTACIÓN DE PEAJE	VESIQUE
MES DE ESTUDIO	DICIEMBRE

FACTOR DE CORRECCIÓN MENSUAL (Fcm)	
VEHICULOS LIGEROS	VEHICULOS PESADOS
0.6992	0.7587

(*) Los valores del Factor de Corrección Mensual de vehículos ligeros y pesados por unidad de peaje, son obtenidos de dichas unidades. En este caso se encuentra en los Formatos 1.1A y 1.1B respectivamente del R. M. 633-2018 MTC/01 "Ficha Técnica Estandar, Instructivo y Líneas de Corte para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión en Carreteras Interurbanas".

IMD = IMDs * Fcm

IMDs = Vi / 7

Donde:
Vi = Volumen vehicular total de 7 días

FCm = $\frac{IMD \text{ anual}}{IMD \text{ del mes del Estudio de la Unidad Peaje}}$

Donde:
FCm = factor de corrección mensual clasificado por cada tipo de vehículo
IMD = Volumen Promedio Diario Anual clasificado de la U. Peaje
IMD mes del Estudio = Volumen Promedio Diario, del mes en U. Peaje

CÁLCULO DEL ÍNDICE MEDIO DIARIO AL AÑO CERO (IMD)

IMD	ITEM	VEHICULO LIGERO							OMNINUS		CAMION UNITARIO			CAMION ACOPLADO							
		MOTO/ MOTOTAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
					PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		B2	B3/B4	C2	C3	C4	T2S1/ T2S2	T2S3	T3S1/ T3S2	>= T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3
IMDs	2139	2166	100	106	20	174	5	1	7	49	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Fcm	0.699	0.699	0.699	0.699	0.699	0.699	0.699	0.759	0.759	0.759	0.759	0.759	0.759	0.759	0.759	0.759	0.759	0.759	0.759	0.759	
IMD	1495.5888	1514.4672	69.92	74.1152	13.984	121.6608	3.496	0.7587	5.3109	37.1763	0.7587	0	0	0	0	0.7587	0	0	0	0	

n =	1.5 Años
-----	----------

FECHA	TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR ANUAL (r)		
	VEHIC. LIGEROS	VEHIC. PASAJ.	VEHIC. DE CARGA
MAY-2019	5,90 %	1,30 %	2,70 %

(*) Los valores de la Tasa de Crecimiento Vehicular Anual son publicados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), mediante boletines en su página web correspondiente: <https://www.inei.gov.pe/biblioteca-virtual/boletines/flujo-vehicular/1/>

(*) Los valores del IMDco se obtienen mediante la fórmula del ítem 6.3 Cálculo de tasas de crecimiento y proyección del manual de carreteras, suelos y pavimentos del 2014 - MTC

CÁLCULO DEL ÍNDICE MEDIO DIARIO HASTA FIN DE CONSTRUCCIÓN E INICIOS DE OPERACIONES (IMDco)

IMDco	ITEM	VEHICULO LIGERO							OMNINUS		CAMION UNITARIO			CAMION ACOPLADO							
		MOTO/ MOTOTAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
					PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		B2	B3/B4	C2	C3	C4	T2S1/ T2S2	T2S3	T3S1/ T3S2	>= T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3
IMD	1495,5888	1514,4672	69,92	74,1152	13,984	121,6608	3,496	0,7587	5,3109	37,1763	0,7587	0	0	0	0	0,7587	0	0	0	0	
(1+r) ⁿ (n-1)	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,029	1,006	1,006	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013	
IMDco	1539,07642	1558,50375	71,9530818	76,2702667	14,3906164	125,198362	3,59765409	0,76361563	5,34530938	37,6748373	0,76887423	0	0	0	0	0,76887423	0	0	0	0	

CÁLCULO DEL ÍNDICE MEDIO DIARIO TRAFICO GENERADO (IMDg) Y DEL TRAFICO DESVIADO (IMDd)

Tg =	15	%	*IMDco
Td =	5	%	*IMDco

(*) El tráfico generado se produce como consecuencia del mejoramiento vial y del desarrollo de la zona.
(*) Fuente: Guía de Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Rehabilitación y Mejoramiento de Camino Vecinal a Nivel de Perfil del MEF.

(*) El tráfico desviado se produce como consecuencia del mejoramiento vial, lo que proporciona facilidades de transitabilidad y ahorro de tiempo.
(*) Se calcula con todos de la escueltas Origen/Destino de los vehículos de la zona en estudio, en este se caso se asume 5 % del IMD.

IMDg/ IMDd	ITEM	VEHICULO LIGERO							OMNINUS		CAMION UNITARIO			CAMION ACOPLADO							
		MOTO/ MOTOTAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
					PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		B2	B3/B4	C2	C3	C4	T2S1/ T2S2	T2S3	T3S1/ T3S2	>= T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3
IMDg	230.861463	233.775563	10.7929623	11.44054	2.15859245	18.7797543	0.53964811	0.11454234	0.80179641	5.6512256	0.11533113	0	0	0	0	0.11533113	0	0	0	0	
IMDd	76.953821	77.9251876	3.59765409	3.81351333	0.71953082	6.25991811	0.1798827	0.03818078	0.26726547	1.88374187	0.03844371	0	0	0	0	0.03844371	0	0	0	0	

CÁLCULO DEL ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL TOTAL DEL AÑO CERO (IMDAo) Y AL FINAL DEL PERIODO DE DISEÑO (IMDAfd)

PERIODO DE DISEÑO	
n =	20 Años

IMDAo / IMDAfd	ITEM	VEHICULO LIGERO							OMNINUS		CAMION UNITARIO			CAMION ACOPLADO						
		MOTO/ MOTOTAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER		
					PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		B2	B3/B4	C2	C3	C4	T2S1/ T2S2	T2S3	T3S1/ T3S2	>= T3S3	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3
IMDAo	1846,8917	1870,2045	86,3436981	91,52432	17,2687396	150,238035	4,31718491	0,91633875	6,41437126	45,2098048	0,92264908	0	0	0	0	0,92264908	0	0	0	0
(1+r) ⁿ /(r-1)	3,147	3,147	3,147	3,147	3,147	3,147	3,147	1,295	1,295	1,704	1,704	1,704	1,704	1,704	1,704	1,704	1,704	1,704	1,704	1,704
IMDAfd	5812,46877	5885,83794	271,73767	288,041931	54,3475341	472,823546	13,5868835	1,18643776	8,30506432	77,0267376	1,57197424	0	0	0	0	1,57197424	0	0	0	0

Resumen:

DENOM. GENÉRICA	CONFIG. VEHICULAR	IMDAo
MOTO/MOTOTAXI	VEH. MEN	1846.89
VEHIC. LIGEROS	VEH. LIG	2219.90
OMBIBUS	B2	0.92
	B3/B4	6.41
CAMION UNITARIO	C2	45.21
	C3	0.92
	C4	0.00
CAMION ACOPLADO (ST)	T2S1/ T2S2	0.00
	T2S3	0.00
	T3S1/ T3S2	0.00
	>= T3S3	0.92
CAMION ACOPLADO (T)	C2R2	0.00
	C2R3	0.00
	C3R2	0.00
	C3R3	0.00

6.3 Cálculo de tasas de crecimiento y proyección

Se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula de progresión geométrica por separado para el componente del tránsito de vehículos de pasajeros y para el componente del tránsito de vehículos de carga.

$$T_n = T_o (1+r)^{n-1}$$

En la que:

T_n = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día

T_o = Tránsito actual (año base o) en veh/día

n = Número de años del período de diseño

r = Tasa anual de crecimiento del tránsito.

El Índice Nacional del Flujo Vehicular en las unidades de peaje, en mayo de 2019, creció en 3,7%.

Variable	Ponderación	Var. % 2019/2018	En ma del F circul pesad subió
	(Año Base 2007=100,0)	Mayo	
Índice Nacional del Flujo Vehicular	100.0	3.7	
Índice del Flujo de Vehículos Pesados	55,6	1,3	
Índice del Flujo de Vehículos Pesados de Carga (3 a 7 ejes)	33,2	2,7	
Índice del Flujo de Vehículos Ligeros	44,4	5,9	

Estimaciones de tráfico generado por tipo de proyecto

Tipo de intervención	% de tráfico normal
Proyecto de rehabilitación	10 %
Proyecto de mejoramiento	15 %

Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)

FORMATO N° 1.1 A

N°	Peaje	Enem	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	
		Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros								
		FC	FC	FC	FC	FC	FC								
1	AGUAS CALIENTES	0.9394	0.8663	1.1161	1.0973	1.1684	1.1945	0.9458	0.8773	0.9386	1.0294	1.0292	0.9845	1.0000	
2	AGUAS CLARAS	1.0204	1.0668	1.1013	1.0449	0.9979	0.9863	0.8917	0.9168	1.0069	1.0155	1.0712	0.8127	1.0000	
3	AMBO	0.7822	0.8431	0.8697	0.7549	0.7755	0.7823	0.7479	0.9820	1.0329	0.9842	0.9966	0.8835	1.0000	
4	ATICO	0.8849	0.7376	1.0576	1.0168	1.1538	1.1764	0.9711	0.9893	1.0821	1.0845	1.1559	0.9021	1.0000	
5	AYAVIRI	0.9913	0.9287	1.0870	1.0730	1.1003	1.0878	0.9449	0.9108	0.9242	1.0455	1.0348	0.9733	1.0000	
6	CAMAÑA	0.5935	0.4934	1.0509	1.2563	1.3886	1.3961	1.2549	1.2278	1.3076	1.2658	1.2303	0.8494	1.0000	
7	CANICAS	0.8722	0.8703	1.0694	1.1121	1.1631	1.2130	0.9722	0.9150	1.0516	1.0161	1.0259	0.8914	1.0000	
8	CARACOTO	1.0576	0.9886	1.0999	1.0550	1.0578	1.0471	0.9900	0.8677	0.9953	0.9895	1.0077	0.7648	1.0000	
9	CASARACRA	1.1441	1.1924	1.2529	0.9991	0.9240	1.0245	0.8401	0.8801	1.0508	0.9739	1.1465	0.8656	1.0000	
10	CATAC	1.0992	1.0589	1.3534	1.0405	1.0772	1.0762	0.8316	0.8717	0.9632	0.9514	1.1169	0.9747	1.0000	
66	SERPENTIN DE PASAMAYO	1.0952	1.0572	1.0806	1.0634	1.0649	1.0634	0.9685	0.8150	1.0387	1.0592	1.0462	0.9383	1.0000	
67	SICUYARI	1.0307	0.8251	1.0268	1.0855	1.1303	1.1529	0.9101	0.7631	1.0878	1.0585	1.1855	1.0308	1.0000	
68	SOCOS	1.2201	0.9974	0.9997	0.8936	1.0904	1.0721	0.9417	0.9564	1.0115	1.0043	1.0295	0.9394	1.0000	
69	TAMBOGRANDE	0.9319	0.9595	1.0447	1.1058	1.0969	1.0611	1.0462	1.0492	1.0252	0.8999	0.9612	0.8933	1.0000	
70	TOMASIRI	0.9857	0.9170	1.0642	1.0853	1.1028	1.0928	1.0370	0.9984	0.9003	1.0377	1.0434	0.7758	1.0000	
71	TUNAN	1.0782	1.0585	1.1034	1.0103	1.0405	1.0399	0.8655	0.8521	0.9794	0.9803	1.1159	0.9908	1.0000	
72	UNION PROGRESO	1.0447	1.0363	1.0948	1.0397	1.0254	1.0172	0.9599	0.9337	0.9674	1.0156	1.0481	0.7614	1.0000	
73	UTCUBAMBA	1.2615	1.0304	1.0861	1.0957	1.0591	1.0235	0.9403	0.8986	0.9387	0.9666	0.9829	0.7404	1.0000	
74	VARIANTE DE PASAMAYO	0.9446	0.9314	1.0413	0.9953	1.0835	1.1120	0.9454	0.9962	1.0777	0.9899	1.0378	0.7725	1.0000	
75	VARIANTE DE UCHUMAYO	0.7271	0.6706	1.0249	1.1471	1.1965	1.1952	1.1283	1.0842	1.1307	1.1457	1.1340	0.8249	1.0000	
76	VESIQUE	0.8541	0.8934	1.0456	1.0853	1.1403	1.1558	1.0155	1.0827	1.1187	1.0027	1.0222	0.6992	1.0000	
77	VIRU	1.0216	0.9810	1.0936	1.0639	1.1199	1.1221	0.9508	1.0231	1.0946	0.9628	0.9868	0.6731	1.0000	
78	YAUCA	0.8963	0.8050	1.0503	1.0220	1.1199	1.1231	0.9580	0.9940	1.0611	1.0581	1.1266	0.9101	1.0000	

Información al 2017.

Nota: Los valores presentados, son susceptibles a ser actualizados periódicamente por la OPMI. Sin incurrir en actualización de la Ficha Técnica Estándar.

Fuente: Ficha Técnica Estándar, Instructivo Líneas de corte para la formulación y evaluación de proyectos de inversión en carreteras interurbanas R.M. 633-2018 MTC/01

Bach. Castillo Nima Jhonny David

Bach. Dolores Valverde Deekla Achitophel

Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)

FORMATO N° 1.1 B

Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	
		Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados								
		FC	FC	FC	FC	FC	FC								
1	AGUAS CALIENTES	1.0234	0.9771	1.0540	1.0631	1.0703	1.1254	0.9831	0.9574	0.9655	0.9434	0.9429	0.9922	1.0000	
2	AGUAS CLARAS	1.0497	1.0164	0.9941	1.0038	0.9878	0.9823	0.9940	0.9597	0.9819	1.0086	1.0042	0.8920	1.0000	
3	AMBO	0.7967	0.7869	0.8193	0.7762	0.7945	0.7905	0.7890	1.0495	1.0086	0.9572	0.9482	0.9447	1.0000	
4	ATICO	1.0402	0.9961	1.0326	1.0478	1.0392	1.0365	1.0288	0.9862	0.9828	0.9573	0.9313	0.9458	1.0000	
5	AYAVIRI	1.0377	1.0057	1.0835	1.0533	1.0511	1.0319	0.9884	0.9505	0.9335	0.9456	0.9485	0.9933	1.0000	
6	CAMANA	0.9370	0.8802	1.0410	1.0753	1.0804	1.0953	1.0782	1.0099	1.0099	0.9947	0.9786	0.8325	1.0000	
7	CANCAS	1.0490	0.9888	1.0151	1.0452	1.0584	1.0381	1.0041	0.9824	1.0019	0.9551	0.9433	0.9563	1.0000	
8	CARACOTO	1.0489	1.0165	1.0879	1.0415	1.0743	1.0541	0.9982	0.9041	0.9575	0.9453	0.9765	0.8133	1.0000	
9	CASAPACRA	1.1123	1.0819	1.1121	0.9769	0.9865	0.9782	0.9872	0.9697	0.9731	0.9521	1.0674	0.9416	1.0000	
10	CATAC	1.0538	1.0807	1.1606	1.0756	1.0119	0.9642	0.9591	0.9372	0.9719	0.9644	0.9958	0.9684	1.0000	
66	SERPENTIN DE PASAMAYO	1.0230	1.0047	1.0391	1.0460	1.0344	1.0180	1.0079	0.9814	0.9903	0.9671	0.9547	0.8073	1.0000	
67	SICUYANI	1.1224	1.0194	1.0416	1.0932	1.1379	1.1370	1.0892	1.0167	1.0202	0.9074	0.9111	0.9537	1.0000	
68	SOCOS	1.0895	1.0107	1.0057	1.0133	1.0501	0.9948	0.9791	0.9551	0.9911	0.9563	1.0190	0.9775	1.0000	
69	TAMBOGRANDE	0.5981	0.7330	1.1320	1.4600	1.4249	1.2833	1.3179	1.3397	1.1955	1.0221	0.9193	0.7364	1.0000	
70	TOMASIPI	0.9707	0.9200	1.0234	1.0693	1.0587	1.0722	1.0633	1.0043	0.9636	0.9993	0.9996	0.8396	1.0000	
71	TUNAN	1.0667	1.0665	1.0946	1.0642	0.9824	0.9383	0.9359	0.9286	0.9760	0.9695	1.0221	1.0081	1.0000	
72	UNION PROGRESO	1.1490	1.1263	1.0698	1.0555	1.0314	1.0245	0.9767	0.9104	0.9079	0.9712	0.9732	0.7871	1.0000	
73	UTCUBAMBA	1.1972	1.0385	1.0281	1.0362	1.0103	0.9780	0.9674	0.9217	0.9488	0.9731	0.9745	0.8352	1.0000	
74	VARIANTE DE PASAMAYO	0.9887	0.9310	0.9776	1.0407	1.0175	0.9947	1.0313	1.0007	1.0627	1.0236	0.9889	0.8481	1.0000	
75	VARIANTE DE UCHUMAYO	1.0098	0.9718	1.0488	1.0730	1.0687	1.0488	1.0203	0.9727	0.9680	0.9544	0.9535	0.8176	1.0000	
76	VESIQUE	1.0350	0.9958	1.0528	1.0910	1.0936	1.0812	1.0585	1.0182	1.0308	0.9303	0.9137	0.7587	1.0000	
77	VIRU	1.0480	1.0102	1.0629	1.0926	1.0942	1.0887	1.0686	1.0210	1.0220	0.9200	0.8925	0.7637	1.0000	
78	YAUCA	1.0357	0.9909	1.0322	1.0391	1.0356	1.0435	1.0345	0.9875	0.9833	0.9602	0.9350	0.9457	1.0000	

Información al 2017.

Nota: Los valores presentados, son susceptibles a ser actualizados periódicamente por la OPMI. Sin incurrir en actualización de la Ficha Técnica Estándar.

Fuente: Ficha Técnica Estándar, Instructivo Líneas de corte para la formulación y evaluación de proyectos de inversión en carreteras interurbanas R.M. 633-2018 MTC/01

ANEXO N° 07

CALCULO DE (FCA), (FD) Y (FC)

CÁLCULO DEL FACTOR DE CRECIMIENTO ACUMULADO (FCA)

PERIODO DE DISEÑO	
n =	20 Años

FECHA	TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR ANUAL (r)					
	VEHIC. LIGEROS		VEHIC. PASAJ.		VEHIC. DE CARGA	
MAY-2019	5.90	%	1.30	%	2.70	%

DENOM. GENÉRICA	CONFIG. VEHICULAR	r	n	FCA
MOTO/MOTOTAXI	VEH. MEN	0.059	20	36.393
VEHIC. LIGEROS	VEH. LIG	0.059	20	36.393
OMBIBUS	B2	0.013	20	22.674
	B3/B4	0.013	20	22.674
CAMION UNITARIO	C2	0.027	20	26.065
	C3	0.027	20	26.065
	C4	0.027	20	26.065
CAMION ACOPLADO (ST)	T2S1/ T2S2	0.027	20	26.065
	T2S3	0.027	20	26.065
	T3S1/ T3S2	0.027	20	26.065
	>= T3S3	0.027	20	26.065
CAMION ACOPLADO (T)	C2R2	0.027	20	26.065
	C2R3	0.027	20	26.065
	C3R2	0.027	20	26.065
	C3R3	0.027	20	26.065

$$FCA = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

CÁLCULO DEL FACTOR DE DIRECCIÓN (FD) Y CARRIL (FC)

DATOS GEOMETRICOS DE LA VÍA	
Numero de calzadas	<u>1</u> _CALZADA
Numero de sentidos	<u>2</u> _SENTIDOS_ <u>1C</u>
Numero de carriles por sentido	<u>1</u> _1C <u>2S</u>

(*) Cada modificación debe de realizarse en los 3 datos de entrada

FACTOR DIRECCIONAL (FD)	FACTOR CARRIL (FC)
0.50	1.00

(*) Los valores del Factor Direccional y Factor Carril se obtienen mediante el cuadro 6.1 que se encuentra en el Manual de Carreteras, Suelos y Pavimntos 2014 - MTC.

ANEXO N° 08

CALCULO DE FVP Y FP

CÁLCULO DEL FACTOR VEHICULO PESADO (FVP)

(* SI SOLO SE CONSIDERA COMO FACTOR DE DETERIORO EL FVP
Calculo desagregado del FVP:

(* Las formulas para calcular el Factor de Eje Equivalente (FEE) se obtienen mediante el cuadro 6.3 que se encuentra en el Manual de Carreteras, Suelos y Pavimntos 2014 - MTC.

CONFIG. VEHICULAR	ITEM	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	FVP
VEH. MEN.	PESO BRUTO (Tn.)	0.200	0.450						2.2454E-05
	TIPO DE EJE/RUEDA	Simple/Simple	Simple/Simple						
	PESO/EJE (Tn.)	0.2	0.45						
	FACTOR E.E	8.43226E-07	2.1611E-05						
VEH. LIG.	PESO BRUTO (Tn.)	1.200	2.500						0.021679
	TIPO DE EJE/RUEDA	Simple/Simple	Simple/Simple						
	PESO/EJE (Tn.)	1.2	2.5						
	FACTOR E.E	0.001092822	0.020586584						
B2	PESO BRUTO (Tn.)	7.000	11.000						4.503654
	TIPO DE EJE/RUEDA	Simple/Simple	Simple/Doble						
	PESO/EJE (Tn.)	7	11						
	FACTOR E.E	1.265366749	3.238286961						
B3-1/B4-1	PESO BRUTO (Tn.)	7.000	8.000	7.000					2.320526
	TIPO DE EJE/RUEDA	S o T/Simple	Tandem/DyS						
	PESO/EJE (Tn.)	7	15						
	FACTOR E.E	1.265366749	1.055159649						
C2	PESO BRUTO (Tn.)	7.000	11.000						4.503654
	TIPO EJE/RUEDA	Simple/Simple	Simple/Simple						
	PESO/EJE (Tn.)	7	11						
	FACTOR E.E	1.265366749	3.238286961						
C3	PESO BRUTO (Tn.)	7.000	9.000	9.000					3.284580
	TIPO DE EJE/RUEDA	Simple/Simple	Tandem/Doble						
	PESO/EJE (Tn.)	7	18						
	FACTOR E.E	1.265366749	2.019213454						
C4	PESO BRUTO (Tn.)	7.000	8.000	8.000	7.000				6.648109
	TIPO DE EJE/RUEDA	Simple/Simple	Tridem/Doble						
	PESO/EJE (Tn.)	7	23						
	FACTOR E.E	1.265366749	5.382741885						
T2S1/(T2S2)	PESO BRUTO (Tn.)	7.000	11.000			9.000	9.000		6.522867
	TIPO DE EJE/RUEDA	Simple/Simple	Simple/Doble			Tandem/Doble			
	PESO/EJE (Tn.)	7	11			18			
	FACTOR E.E	1.265366749	3.238286961			2.019213454			
T2S3	PESO BRUTO (Tn.)	7.000	11.000			8.000	9.000	8.000	6.209680
	TIPO DE EJE/RUEDA	Simple/Simple	Simple/Doble			Tridem/Doble			
	PESO/EJE (Tn.)	7	11			25			
	FACTOR E.E	1.265366749	3.238286961			1.706026248			
T3S1/(T3S2)	PESO BRUTO (Tn.)	7.000	9.000	9.000		9.000	9.000		5.303794
	TIPO DE EJE/RUEDA	Simple/Simple	Tandem/Doble			Tandem/Doble			
	PESO/EJE (Tn.)	7	18			18			
	FACTOR E.E	1.265366749	2.019213454			2.019213454			
T3S3	PESO BRUTO (Tn.)	7.000	9.000	9.000		8.000	9.000	8.000	4.990606
	TIPO DE EJE/RUEDA	Simple/Simple	Tandem/Doble			Tridem/Doble			
	PESO/EJE (Tn.)	7	18			25			
	FACTOR E.E	1.265366749	2.019213454			1.706026248			
C2R2	PESO BRUTO (Tn.)	7.000	11.000			11.000		11.000	10.980228
	TIPO DE EJE/RUEDA	Simple/Simple	Simple/Doble			Simple/Doble		Simple/Doble	
	PESO/EJE (Tn.)	7	11			11		11	
	FACTOR E.E	1.265366749	3.238286961			3.238286961		3.238286961	
C2R3	PESO BRUTO (Tn.)	7.000	11.000			11.000	9.000	9.000	9.761154
	TIPO DE EJE/RUEDA	Simple/Simple	Simple/Doble			Simple/Doble	Tandem/Doble		
	PESO/EJE (Tn.)	7	11			11	18		
	FACTOR E.E	1.265366749	3.238286961			3.238286961	2.019213454		
C3R2	PESO BRUTO (Tn.)	7.000	9.000	9.000		11.000		11.000	9.761154
	TIPO DE EJE/RUEDA	Simple/Simple	Tandem/Doble			Simple/Doble		Simple/Doble	
	PESO/EJE (Tn.)	7	18			11		11	
	FACTOR E.E	1.265366749	2.019213454			3.238286961		3.238286961	
C3R3	PESO BRUTO (Tn.)	7.000	9.000	9.000		11.000	9.000	9.000	8.542081
	TIPO DE EJE/RUEDA	Simple/Simple	Tandem/Doble			Simple/Doble	Tandem/Doble		
	PESO/EJE (Tn.)	7	18			11	18		
	FACTOR E.E	1.265366749	2.019213454			3.238286961	2.019213454		

Resumen:

CONFIG. VEHICULAR	FVP
VEH. MEN	2.2454E-05
VEH. LIG	0.021679
B2	4.503654
B3/B4	2.320526
C2	4.503654
C3	3.284580
C4	6.648109
T2S1/ T2S2	6.522867
T2S3	6.209680
T3S1/ T3S2	5.303794
>= T3S3	4.990606
C2R2	10.980228
C2R3	9.761154
C3R2	9.761154
C3R3	8.542081

Resumen:

CONFIG. VEHICULAR	FVP x FP
VEH. MEN	2.2454E-05
VEH. LIG	0.021679
B2	5.117863
B3/B4	2.918573
C2	6.559678
C3	4.764323
C4	11.856165
T2S1/ T2S2	11.323191
T2S3	10.281258
T3S1/ T3S2	10.523679
>= T3S3	9.969272
C2R2	20.942742
C2R3	19.135564
C3R2	19.038901
C3R3	16.583034

ANEXO N° 09

CALCULO DE LA ESAL

CÁLCULO DEL ESAL (Nrep de EE (8.2 TN):

(-) EE Dia-carril:

$$EE_{Día-carril} = IMD_i \times FD \times FC \times FVP_i \times FFP_i$$

CONFIG. VEHICULAR	IMDA	FD	FC	FVP x FP	EE Dia-carril
VEH. MEN	1.8E+03	0.50	1.00	2.245E-05	0.021
VEH. LIG	2.2E+03	0.50	1.00	2.168E-02	24.063
B2	9.2E-01	0.50	1.00	5.1179	2.345
B3/B4	6.4E+00	0.50	1.00	2.9186	9.360
C2	4.5E+01	0.50	1.00	6.5597	148.281
C3	9.2E-01	0.50	1.00	4.7643	2.198
C4	0.0E+00	0.50	1.00	11.8562	0.000
T2S1/ T2S2	0.0E+00	0.50	1.00	11.3232	0.000
T2S3	0.0E+00	0.50	1.00	10.2813	0.000
T3S1/ T3S2	0.0E+00	0.50	1.00	10.5237	0.000
>= T3S3	9.2E-01	0.50	1.00	9.9693	4.599
C2R2	0.0E+00	0.50	1.00	20.9427	0.000
C2R3	0.0E+00	0.50	1.00	19.1356	0.000
C3R2	0.0E+00	0.50	1.00	19.0389	0.000
C3R3	0.0E+00	0.50	1.00	16.5830	0.000

(-) ESAL (Nrep de EE (8.2 TN)):

$$Nrep\ de\ EE_{8.2\ TN} = \sum [EE_{Día\ carril} \times FCA \times 365]$$

CONFIG. VEHICULAR	EE Dia-carril	FCA	365	Nrep de EE (8.2 TN)i
VEH. MEN	2.1E-02	36.393	365	275.4323
VEH. LIG	2.4E+01	36.393	365	319636.1687
B2	2.3448	22.674	365	19405.7819
B3/B4	9.3604	22.674	365	77465.9973
C2	148.2809	26.065	365	1410717.2068
C3	2.1979	26.065	365	20910.4072
C4	0.0000	26.065	365	0.0000
T2S1/ T2S2	0.0000	26.065	365	0.0000
T2S3	0.0000	26.065	365	0.0000
T3S1/ T3S2	0.0000	26.065	365	0.0000
>= T3S3	4.5991	26.065	365	43754.7088
C2R2	0.0000	26.065	365	0.0000
C2R3	0.0000	26.065	365	0.0000
C3R2	0.0000	26.065	365	0.0000
C3R3	0.0000	26.065	365	0.0000
ESAL (Nrep de EE(8.2 Tn))				1892165.7030

ANEXO N° 10

CALCULO DE INDICE DE THORNTHWAITE

CUADRO N° 01: Temperatura media mensual (t) (C°)

MES	TEMP. MÁX (C°) (*)	TEMP. MÍN. (C°) (*)	TEMP. MEDIA (C°)	PRECIPIT. (MM) (*)
ENERO	26.7	16.6	21.65	0.2
FEBRERO	27.6	17.6	22.6	0.7
MARZO	27.5	17.8	22.65	1.1
ABRIL	25.6	16.5	21.05	0
MAYO	23	15.1	19.05	0.2
JUNIO	22.6	13.8	18.2	0.5
JULIO	21.9	13.5	17.7	0.3
AGOSTO	21.4	13.6	17.5	0
SEPTIEMBRE	21.7	13.1	17.4	0
OCTUBRE	22.4	13.4	17.9	0
NOVIEMBRE	23.7	13.9	18.8	0.1
DICIEMBRE	25.1	15.3	20.2	0.3

(*)FUENTE: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?p=pronostico-detalle&dp=ancash&localidad=0006>

CÁLCULO DE INSOLACIÓN MÁXIMA DIARIA POR MES (N)

CUADRO N° 02: Duración máxima diaria de fuerte insolación (hr/día) (N) (*15Avo Día)

HEMISFERIO SUR												
LATITUD (°)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
70	24.0	17.4	13.0	8.4	2.7	0.0	0.0	6.4	11.2	15.7	21.7	24.0
68	21.9	16.7	12.9	8.7	4.3	0.0	1.7	7.0	11.3	15.3	19.9	24.0
66	20.1	16.2	12.8	9.1	5.3	2.0	3.7	7.6	11.3	15.0	18.8	22.1
64	19.0	15.8	12.8	9.3	6.1	3.7	4.8	8.0	11.4	14.7	18.0	20.3
62	18.3	15.5	12.7	9.6	6.7	4.8	5.6	8.3	11.4	14.5	17.4	19.2
60	17.6	15.2	12.6	9.8	7.2	5.6	6.3	8.7	11.5	14.3	16.9	18.4
58	17.1	14.9	12.6	9.9	7.6	6.2	6.8	8.9	11.5	14.1	16.5	17.8
56	16.7	14.7	12.5	10.1	8.0	6.7	7.2	9.2	11.6	13.9	16.1	17.3
54	16.3	14.5	12.5	10.2	8.3	7.2	7.6	9.4	11.6	13.8	15.8	16.9
52	16.0	14.3	12.5	10.4	8.6	7.5	8.0	9.6	11.6	13.7	15.5	16.5
50	15.7	14.2	12.4	10.5	8.8	7.9	8.3	9.7	11.7	13.6	15.3	16.1
48	15.4	14.0	12.4	10.6	9.0	8.2	8.5	9.9	11.7	13.4	15.0	15.8
46	15.2	13.9	12.4	10.7	9.2	8.5	8.8	10.0	11.7	13.3	14.8	15.5
44	14.9	13.7	12.4	10.8	9.4	8.7	9.0	10.2	11.7	13.3	14.6	15.3
42	14.7	13.6	12.3	10.8	9.6	9.0	9.2	10.3	11.7	13.2	14.4	15.0
40	14.5	13.5	12.3	10.9	9.8	9.2	9.4	10.4	11.8	13.1	14.3	14.8
38	14.4	13.4	12.3	11.0	9.9	9.4	9.6	10.5	11.8	13.0	14.1	14.6
36	14.2	13.3	12.3	11.1	10.1	9.6	9.8	10.6	11.8	12.9	13.9	14.4
34	14.0	13.2	12.2	11.1	10.2	9.7	9.9	10.7	11.8	12.9	13.8	14.3
32	13.9	13.1	12.2	11.2	10.4	9.9	10.1	10.8	11.8	12.8	13.7	14.1
30	13.7	13.0	12.2	11.3	10.5	10.1	10.2	10.9	11.8	12.7	13.5	13.9
28	13.6	13.0	12.2	11.3	10.6	10.2	10.4	11.0	11.8	12.7	13.4	13.8
26	13.5	12.9	12.2	11.4	10.7	10.4	10.5	11.1	11.9	12.6	13.3	13.6
24	13.3	12.8	12.2	11.4	10.8	10.5	10.7	11.2	11.9	12.6	13.2	13.5
22	13.2	12.7	12.1	11.5	10.9	10.7	10.8	11.2	11.9	12.5	13.1	13.3
20	13.1	12.7	12.1	11.5	11.1	10.8	10.9	11.3	11.9	12.5	13.0	13.2
18	13.0	12.6	12.1	11.6	11.2	10.9	11.0	11.4	11.9	12.4	12.9	13.1
16	12.9	12.5	12.1	11.6	11.3	11.1	11.1	11.5	11.9	12.4	12.8	12.9
14	12.7	12.4	12.1	11.7	11.4	11.2	11.2	11.5	11.9	12.3	12.7	12.8
12	12.6	12.4	12.1	11.7	11.4	11.3	11.4	11.6	11.9	12.3	12.6	12.7
10	12.5	12.3	12.1	11.8	11.5	11.4	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6
8	12.4	12.3	12.1	11.8	11.6	11.5	11.6	11.7	12.0	12.2	12.4	12.5
6	12.3	12.2	12.0	11.9	11.7	11.7	11.7	11.8	12.0	12.1	12.3	12.3
4	12.2	12.1	12.0	11.9	11.8	11.8	11.8	11.9	12.0	12.1	12.2	12.2
2	12.1	12.1	12.0	12.0	11.9	11.9	11.9	11.9	12.0	12.0	12.1	12.1
0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0

(*)FUENTE: Evapotranspiración del cultivo,FAO,2006,Pag. 218

CÁLCULO DE N PARA LA LATITUD DEL PROYECTO

Grados (°)	Minutos (')	Segundos	=	Grados (°)
9	8	10	=	9.14

Lat. S (°)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
10	12.5	12.3	12.1	11.8	11.5	11.4	11.5	11.7	11.9	12.2	12.5	12.6
8	12.4	12.3	12.1	11.8	11.6	11.5	11.6	11.7	12.0	12.2	12.4	12.5
9.14	12.457	12.3	12.1	11.8	11.543	11.443	11.543	11.7	11.943	12.2	12.457	12.557

Por lo tanto obtenemos el valor de N en funcion de la Latitud y Mes deseado:

LATITUD	9.14
MES	N
ENERO	12.457
FEBRERO	12.300
MARZO	12.100
ABRIL	11.800
MAYO	11.543
JUNIO	11.443
JULIO	11.543
AGOSTO	11.700
SEPTIEMBRE	11.943
OCTUBRE	12.200
NOVIEMBRE	12.457
DICIEMBRE	12.557

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION O INDICE DE THORNTHWAITTE

MES	TEMPERATUR A MEDIA MENSUAL (t)(c°)	INDICE DE CALOR MENSUAL (i)	ETo MENSUAL (mm/mes)	DÍA DEL MES (d)	N° DE HORAS DE LUZ/DÍA (N)	ETo MENSUAL CORREGIDA (mm/mes)
ENERO	21.65	9.20	88.60	31	12.457	95.04
FEBRERO	22.60	9.81	96.86	28	12.300	92.67
MARZO	22.65	9.85	97.31	31	12.100	101.39
ABRIL	21.05	8.81	83.57	30	11.800	82.18
MAYO	19.05	7.58	67.92	31	11.543	67.51
JUNIO	18.20	7.07	61.78	30	11.443	58.91
JULIO	17.70	6.78	58.31	31	11.543	57.95
AGOSTO	17.50	6.66	56.95	31	11.700	57.37
SEPTIEMBRE	17.40	6.61	56.27	30	11.943	56.00
OCTUBRE	17.90	6.90	59.68	31	12.200	62.70
NOVIEMBRE	18.80	7.43	66.08	30	12.457	68.60
DICIEMBRE	20.20	8.28	76.72	31	12.557	82.95
I		94.97				
a		2.08				

ANEXO N°11

MEJORAMIENTO DE MATERIAL PARA BASE Y SUB BASE

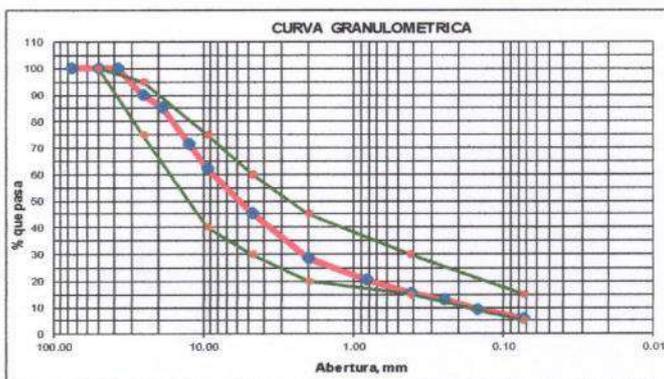
Proyecto:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL A. H. LOS JARDINES - NUEVO CHIMBOTE"		
Departamento:	ANCASH	Provincia:	SANTA
MATERIAL:	BASE-SUB BASE	Muestra:	DISEÑO
		Distrito:	NUEVO CHIMBOTE
		Fecha:	7/09/2019

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

SI CUMPLE

Peso Inicial Seco, [gr]	3768.600
-------------------------	----------

Mallas	Abertura [mm]	Peso Retenido [grs]	% Pasa
3"	76.000	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.00	0.00	100.00
1"	25.400	375.60	90.03
3/4"	19.050	168.40	85.56
1/2"	12.500	525.40	71.62
3/8"	9.525	348.90	62.37
N° 4	4.750	635.80	45.49
N° 10	2.000	639.40	28.53
N° 20	0.840	302.10	20.51
N° 40	0.420	182.50	15.67
N° 60	0.250	104.30	12.90
N° 100	0.150	145.80	9.03
N° 200	0.074	121.90	5.80
< N° 200		218.50	0.00



Grava (%): 54.51	Arena (%): 39.70	Finos (%): 5.80
------------------	------------------	-----------------

2.- CALCULO DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA

D₁₀ = 0.16
D₃₀ = 2.10
D₆₀ = 8.80

C_u = D₆₀/D₁₀
C_u = 55.00

C_c = (D₃₀)²/(D₁₀ × D₆₀)
C_c = 3.13

C_u: Coeficiente de Uniformidad
C_c: Coeficiente de Curvatura

3.- LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM-D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		CONSISTENCIA	
	Formula	Tara N°01	Tara N°02	Tara N°03	Formula	Tara N° 04	
1.- N° de Golpes							LL = N.P.
2.- Peso Tara (gr)							LP = N.P.
3.- Peso Tara + Suelo Humedo (gr)							IP = N.P.
4.- Peso Tara + Suelo Seco (gr)							
5.- Peso de Agua (gr)	(3)-(4)				(3)-(4)		
6.- Peso Suelo Seco, (gr)	(4)-(2)				(4)-(2)		
7.- Contenido de Humedad (%)	(4)/(5)*100				(4)/(6)*100		



Limite Liquido Metodo un Punto

$$LL = W \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

N = Numero de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad

Wn = Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

Wn = 0
N = 0
LL = 0 %

GEOMG S.A.C.

4.- CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM - D2216)

Procedimiento	Fórmula	Tara No
1. Peso Tara, [gr]		1
2. Peso Tara + Suelo Humedo, [gr]		27.61
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		153.50
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	1.88
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	125.89
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5) × 100	1.493

RESUMEN

Clasificación AASHTO	A1-a(0)
Clasificación SUCS	GP-GM
Grava (No.4 < Diam < 3")	54.51%
Arena (No.200 < Diam < No. 4)	39.70%
Finos (Diam < No.200)	5.80%
Limite Liquido	N.P.
Limite Plástico	N.P.
Indice Plasticidad	N.P.
Contenido de Humedad	1.49%

CUADRO DE RESUMEN DE PROPIEDADES DEL AFIRMADO

N° CALICATA	C1
N° DE MUESTRA	M1
Grava (No.4 < Diam < 3")	54.14%
Arena (No.200 < Diam <	39.74%
Finos (Diam < No.200)	6.13%
Límite Líquido	N.P.
Límite Plástico	N.P.
Índice Plasticidad	N.P.
Contenido de Humedad	1.49%

Con los datos obtenidos se procede a clasificar el suelo por SUCS Y AASHTO

N° CALICATA	C1
N° DE MUESTRA	M1
SUCS	GP-GM
AASHTO	A1-a(0)

SISTEMA CLASIFICACION SUCS

GRUESOS (< 50 % pasa 0.08 mm)						
Tipo de Suelo	Símbolo	% pasa 5 mm.***	% pasa 0.08 mm.	CU	CC	** IP
Gravas	GW	< 50	< 5	> 4	1 a 3	< 0.73 (wl-20) ó <4 > 0.73 (wl-20) ó >7
	GP			≤ 6	<1ó>3	
	GM		> 12	> 6	1 a 3	
	GC					
Arenas	SW	> 50	< 5	> 6	1 a 3	< 0.73 (wl-20) ó <4 > 0.73 (wl-20) y >7
	SP			≤ 6	<1ó>3	
	SM		> 12	> 6	1 a 3	
	SC					

* Entre 5 y 12% usar símbolo doble como GW-GC, GP-GM,SW-SM, SP-SC.
 *** respecto a la fracción retenida en el tamiz 0.080 mm
 ** Si IP≧ 0.73 (wl-20) ó si IP entre 4 y 7 e IP>0.73 (wl-20), usar símbolo doble: GM-GC, SM-SC.
 En casos dudosos favorecer clasificación menos plástica EJ: GW-GM en vez de GW-GC.

$$C_u = (D_{60}) / (D_{10})$$

$$C_c = (D_{30}^2) / (D_{60} \cdot D_{10})$$

SISTEMA CLASIFICACION AASHTO

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0.08 mm							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm				
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Grupo Símbolo												
Análisis granulométrico												
% que pasa por el tamiz de:												
2 mm	máx. 50	máx. 50	mín. 50	máx. 35	Máx.35	máx. 35	máx. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35
0.5 mm	máx. 30	máx. 25	máx.10									
0.08 mm	máx. 15	máx. 25	máx.10									
Límites Atterberg												
límite de liquido				máx. 40	mín. 40	máx. 40	mín.40	máx. 40	máx. 40	máx. 40	mín. 40	mín. 40
índice de plasticidad	máx. 6	máx. 6		máx. 10	máx. 10	mín. 10	mín. 10	máx. 10	máx. 10	mín. 10	mín. 10	mín. 10
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx. 4	máx. 4	máx. 8	máx. 12	máx. 16	máx. 20	máx. 20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno						De pasable a malo					

Proyecto: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL A. H. LOS JARDINES - NUEVO CHIMBOTE"			
Departamento ANCASH	Provincia: SANTA	Distrito	: NUEVO CHIMBOTE
Material: BASE-SUB BASE	Cantera: SAN PEDRITO	Fecha	: 07/09/2019

DATOS DE LA MUESTRA	
USO DEL MATERIAL	: Base - Sub Base

EQUIVALENTE DE ARENA
ASTM D - 2419

DETERMINACION N°	1	2	3
Saturación (hora inicial)	4:20pm	4:22pm	4:24pm
Saturación (hora final)	4:30pm	4:32pm	4:34pm
Prueba de ensayo (hora inicial)	4:32pm	4:34pm	4:36pm
Prueba de ensayo (hora final)	4:52pm	4:54pm	4:56pm
Lectura - Arcilla retenida (pulg)	5.85	5.6	5.44
Lectura - Arena retenida (pulg)	2.87	2.95	3.02
Equivalencia de arena (%)	49.06	52.68	55.51
Equivalencia de arena promedio (%)	52.42		

EA = 52%

SI CUMPLE

NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS

TABLA 9			
REQUERIMIENTOS DEL AGREGADO FINO DE BASE GRANULAR			
ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTOS	
EQUIVALENTE DE ARENA	NTP 339.146:2000	<3000 msnm	≥3000 msnm
		25% minimo	35% minimo

GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo
CIP N° 68738

Proyecto:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL A. H. LOS JARDINES – NUEVO CHIMBOTE”		
Departamento:	ANCASH	Provincia:	SANTA
		Distrito	: NUEVO CHIMBOTE
Material:	BASE-SUB BASE	Cantera:	San Pedrito
		Fecha	: 07/09/2019

DATOS DE LA MUESTRA	
USO DEL MATERIAL	: Base - Sub Base

**ENSAYO DE ABRASION DE LOS ANGELES
(ASTM C-535)**

ABRASION DE LOS ANGELES	
Gradación empleada	A
Número de revoluciones	500
Peso inicial (gr)	5008
Peso final N°12 (gr)	3871
Coefficiente de desgaste %	22.7%

PORCENTAJE DE DESGASTE : 22.7% **SI CUMPLE**

NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS

TABLA 8		
REQUERIMIENTOS DEL AGREGADO GRUESO DE BASE GRANULAR		
ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTOS
ABRASION DE LOS ANGELES	NTP 400.019:2002	40% MAXIMO

GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo
 CIP N° 68738

Proyecto:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL A. H. LOS JARDINES - NUEVO CHIMBOTE"					
Departamento	ANCASH	Provincia:	SANTA	Distrito	: NUEVO CHIMBOTE	
Material:	BASE-SUB BASE	Cantera:	SAN PEDRITO	Fecha	: 07/09/2019	

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(ASTM D-5821)

A. Con 1 Cara Fracturada

Tamaño del Agregado		Muestra	Material con Caras Fracturadas	Caras Fracturadas	Retenido Gradacion Original	Promedio Caras Fracturadas
Pasa Tamiz	Ret. en Tamiz	(gr.)	(gr.)	(%)	(%)	
1 1/2"	1"	2000	457.80	22.89	10.00	229
1"	3/4"	1500	382.80	25.52	4.58	117
3/4"	1/2"	1200	255.20	21.27	13.80	293
1/2"	3/8"	300	102.20	34.07	9.25	315
Total					38	954
Porcentaje con 1 Cara Fracturada				25.4%		
NO CUMPLE						

B. Con 2 o Mas Cara Fracturada

Tamaño del Agregado		Muestra	Material con Caras Fracturadas	Caras Fracturadas	Retenido Gradacion Original	Promedio Caras Fracturadas
Pasa Tamiz	Ret. en Tamiz	(gr.)	(gr.)	(%)	(%)	
1 1/2"	1"	2000	264.80	13.24	10.00	132.40
1"	3/4"	1500	213.40	14.23	4.58	65.09
3/4"	1/2"	1200	243.50	20.29	13.80	280.00
1/2"	3/8"	300	99.30	33.10	9.25	306.08
Total					37.62	783.57
Porcentaje con 2 o Mas Cara Fracturada				20.8%		
NO CUMPLE						

NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS

TABLA 8			
REQUERIMIENTOS DEL AGREGADO GRUESO DE BASE GRANULAR			
ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTOS	
		<3000 msnm	>3000 msnm
PARTICULAS CON UNA CARA FRACTURADA	MTC E210-2000	80% minimo	
PARTICULAS CON DOS CARAS FRACTURADA	MTC E210-2000	40% minimo	50% minimo

GEOMG S.A.C.

 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo
 CIP N° 68738

Proyecto: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL A. H. LOS JARDINES - NUEVO CHIMBOTE"			
Departamento ANCASH	Provincia: SANTA	Distrito	: NUEVO CHIMBOTE
Material: BASE-SUB BASE	Cantera: Pampa Colorada	Fecha	: 07/09/2019

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(ASTM D-5821)

A. Con 1 Cara Fracturada

Tamaño del Agregado		Muestra	Material con Caras Fracturadas	Caras Fracturadas	Retenido Gradacion Original	Promedio Caras Fracturadas
Pasa Tamiz	Ret. en Tamiz	(gr.)	(gr.)	(%)	(%)	
1 1/2"	1"	2000	1875.70	93.79	26.48	2484
1"	3/4"	1500	1369.40	91.29	11.87	1084
3/4"	1/2"	1200	1040.80	86.73	37.04	3213
1/2"	3/8"	300	275.50	91.83	24.60	2259
Total					100	9040
Porcentaje con 1 Cara Fracturada				90.4%		
SI CUMPLE						

B. Con 2 o Mas Cara Fracturada

Tamaño del Agregado		Muestra	Material con Caras Fracturadas	Caras Fracturadas	Retenido Gradacion Original	Promedio Caras Fracturadas
Pasa Tamiz	Ret. en Tamiz	(gr.)	(gr.)	(%)	(%)	
1 1/2"	1"	2000	1343.70	67.19	26.48	1779.22
1"	3/4"	1500	989.40	65.96	11.87	783.17
3/4"	1/2"	1200	826.20	68.85	37.04	2550.50
1/2"	3/8"	300	207.30	69.10	24.60	1699.85
Total					100.00	6812.74
Porcentaje con 2 o Mas Cara Fracturada				68.1%		
SI CUMPLE						

NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS

TABLA 8			
REQUERIMIENTOS DEL AGREGADO GRUESO DE BASE GRANULAR			
ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTOS	
		<3000 msnm	>3000 msnm
PARTICULAS CON UNA CARA FRACTURADA	MTC E210-2000	80% minimo	
PARTICULAS CON DOS CARAS FRACTURADA	MTC E210-2000	40% minimo	50% minimo

GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo
 CIP N° 68738

Proyecto: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL A. H. LOS JARDINES - NUEVO CHIMBOTE"			
Departamento: ANCASH	Provincia: SANTA	Distrito: NUEVO CHIMBOTE	
Material: BASE-SUB BASE	Cantera: Pampa Colorada	Fecha: 07/09/2019	

DATOS DE LA MUESTRA	
USO DEL MATERIAL	: Base - Sub Base

**ENSAYO DE ABRASION DE LOS ANGELES
(ASTM C-535)**

ABRASION DE LOS ANGELES	
Gradación empleada	A
Número de revoluciones	500
Peso inicial (gr)	5050
Peso final N°12 (gr)	4175
Coefficiente de desgaste %	17.3%

PORCENTAJE DE DESGASTE : 17.3% **SI CUMPLE**

NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS

TABLA 8		
REQUERIMIENTOS DEL AGREGADO GRUESO DE BASE GRANULAR		
ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTOS
ABRASION DE LOS ANGELES	NTP 400.019:2002	40% MAXIMO

GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo
 CIP N° 68738

RESUMEN DE PROPIEDADES O CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES
MATERIAL N°1

PROPIEDADES / CARACTERÍSTICAS	CANtera	REQUERIMIENTOS (*)		VERIFICACIÓN	
	SAN PEDRITO	SUB-BASE	BASE	SUB-BASE	BASE
GRANULOMETRÍA	< 3000 msnm	GRADACIÓN B	GRADACIÓN B	CUMPLE	CUMPLE
% GRAVA	54.14	-	-	-	-
% ARENA	39.74	-	-	-	-
% FINOS	6.13	-	-	-	-
LÍMITE LÍQUIDO (%)	N.P	25 % Máximo	-	CUMPLE	-
ÍNDICE DE PASTICIDAD (%)	N.P	6 % Máximo	4 % Máximo	CUMPLE	CUMPLE
EQUIVALENTE DE ARENA (%)	52.4	25 % Mínimo	35 % Mínimo	CUMPLE	CUMPLE
ABRASIÓN LOS ANGELES (%)	22.7	50 % Máximo	40 % Máximo	CUMPLE	CUMPLE
PARTÍCULAS CON 1 CARA FRACTURADA (%)	25.4	-	80 % Mínimo	-	NO CUMPLE
PARTÍCULAS CON 2 CARAS FRACTURADAS (%)	20.8	-	40 % Mínimo	-	NO CUMPLE

(*) Requerimientos establecidos en la Norma CE.010 Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones - 2010

MATERIAL 2
Piedra triturada de procesadora de agregado

PROPIEDADES / CARACTERÍSTICAS	CANtera	REQUERIMIENTOS (*)		VERIFICACIÓN	
	P. COLORADA	SUBBASE	BASE	SUBBASE	BASE
ABRASIÓN LOS ANGELES (%)	18.2	50 % Máximo	40 % Máximo	CUMPLE	CUMPLE
PARTÍCULAS CON 1 CARA FRACTURADA (%)	90.4	-	80 % Mínimo	-	CUMPLE
PARTÍCULAS CON 2 CARAS FRACTURADAS (%)	68.1	-	40 % Mínimo	-	CUMPLE

(*) Requerimientos establecidos en la Norma CE.010 Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones - 2010

MATERIAL PARA SUB-BASE - BASE DOSIFICADO
GRANULOMETRÍA INICIAL (MATERIAL 1)

PESO INICIAL SECO (g)	3825.000
------------------------------	-----------------

TAMIZ (pulg)	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% PASA	CONDICIÓN
3"	76.000	0.00	100.00	Se sustituye por MATERIAL 2
2"	50.800	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	100.00	
1"	25.400	382.50	90.00	
3/4"	19.050	175.00	85.42	
1/2"	12.500	527.80	71.63	
3/8"	9.525	353.70	62.38	Se mantiene el MATERIAL 1
N° 4	4.760	631.80	45.86	
N° 10	2.000	634.00	29.29	
N° 20	0.840	306.70	21.27	
N° 40	0.420	189.30	16.32	
N° 60	0.250	113.60	13.35	
N° 100	0.150	151.60	9.39	
N° 200	0.074	124.70	6.13	
< N° 200		234.30	0.00	

GRANULOMETRÍA DEL MATERIAL 2

PESO INICIAL SECO (g) 1440.00

TAMIZ PULGADA	PESO RET.	% RETENID	% PASA
3"	0.00	0.00	100.00
2"	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0.00	0.00	100.00
1"	395.50	27.47	72.53
3/4"	170.00	11.81	60.73
1/2"	520.80	36.17	24.56
3/8"	353.70	24.56	0.00
CZ	0.00	0.00	

GRANULOMETRÍA FINAL MATERIAL 1

PESO INICIAL SECO (g) 2367.00

TAMIZ PULGADA	PESO RET.	% RETENID	% PASA
N° 4	632.40	26.72	73.28
N° 10	635.60	53.57	46.43
N° 20	305.70	12.92	33.51
N° 40	188.40	7.96	25.56
N° 60	110.20	4.66	20.90
N° 100	148.70	20.90	14.62
N° 200	119.50	14.62	9.57
< N° 200	226.50	9.57	0.00

COMPOSICION DEL MATERIAL DOSIFICADO		
MATERIAL	PESO	PORC. (%)
MATERIAL 2 (SUSTITUYE) (g)	1440.00	37.83
MATERIAL 1 (MANTIENE) (g)	2367.00	62.17
TOTAL NUEVO MATERIAL (g)	3807.00	100.00

GRANULOMETRÍA MATERIAL DOSIFICADO

PESO INICIAL SECO (g) 3807.000

TAMIZ (pulg)	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% PASA
3"	76.000	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	395.50	89.61
3/4"	19.050	170.00	85.15
1/2"	12.500	520.80	71.47
3/8"	9.525	353.70	62.17
N° 4	4.760	632.40	45.56
N° 10	2.000	635.60	28.87
N° 20	0.840	305.70	20.84
N° 40	0.420	188.40	15.89
N° 60	0.250	110.20	12.99
N° 100	0.150	148.70	9.09
N° 200	0.074	119.50	5.95
< N° 200		226.50	0.00

MATERIAL MEJORADO PARA BASE Y SUB BASE

PROPIEDADES / CARACTERÍSTICAS	CANtera	REQUERIMIENTOS (*)		VERIFICACIÓN	
	SAN PEDRITO	SUB-BASE	BASE	SUB-BASE	BASE
GRANULOMETRÍA	< 3000 msnm	GRADACIÓN B	GRADACIÓN B	CUMPLE	CUMPLE
% GRAVA	54.14	-	-	-	-
% ARENA	39.74	-	-	-	-
% FINOS	6.13	-	-	-	-
LÍMITE LÍQUIDO (%)	N.P	25 % Máximo	-	CUMPLE	-
ÍNDICE DE PASTICIDAD (%)	N.P	6 % Máximo	4 % Máximo	CUMPLE	CUMPLE
EQUIVALENTE DE ARENA (%)	52.4	25 % Mínimo	35 % Mínimo	CUMPLE	CUMPLE
ABRASIÓN LOS ANGELES (%)	22.7	50 % Máximo	40 % Máximo	CUMPLE	CUMPLE
PARTÍCULAS CON 1 CARA FRACTURADA (%)	25.4	-	80 % Mínimo	-	CUMPLE
PARTÍCULAS CON 2 CARAS FRACTURADAS (%)	20.8	-	40 % Mínimo	-	CUMPLE
CBR 95 % M.D.S. (0.1") (%)	44.7	-	-	-	-
CBR 100 % M.D.S. (0.1") (%)	141.74	30-40 % Mínimo	80 % Mínimo	CUMPLE	CUMPLE

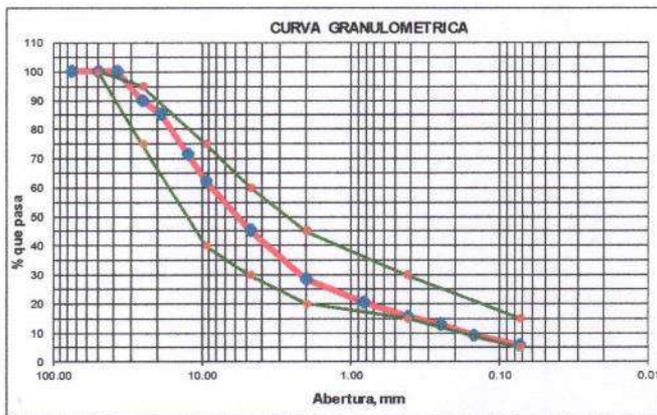
Proyecto:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL A. H. LOS JARDINES - NUEVO CHIMBOTE						
Departamento:	ANCASH	Provincia:	SANTA	Distrito:	NUEVO CHIMBOTE	Fecha:	7/09/2019
MATERIAL:	BASE-SUB BASE	Muestra:	DISEÑO	Cantera:	San Pedrito		

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

SI CUMPLE

Peso Inicial Seco, [gr]	3768.600
-------------------------	----------

Mallas	Abertura [mm]	Peso Retenido [grs]	% Pasa
3"	76.200	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	100.00
1"	25.400	375.60	90.03
3/4"	19.000	168.40	85.56
1/2"	12.500	525.40	71.62
3/8"	9.525	348.90	62.37
Nº 4	4.750	635.80	45.49
Nº 10	2.000	639.40	28.53
Nº 20	0.840	302.10	20.51
Nº 40	0.420	182.50	15.67
Nº 60	0.250	104.30	12.90
Nº 100	0.150	145.80	9.03
Nº 200	0.075	121.90	5.80
< Nº 200		218.50	0.00



Grava (%)	54.51	Arena (%)	39.70	Finos (%)	5.80
-----------	-------	-----------	-------	-----------	------

2.- CALCULO DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA

$D_{10} = 0.16$ $C_U = D_{60}/D_{10}$ $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$
 $D_{30} = 2.10$ $C_U = 55.00$ $C_c = 3.13$
 $D_{60} = 8.80$

C_U : Coeficiente de Uniformidad
 C_c : Coeficiente de Curvatura

3.- LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBER (ASTM-D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		CONSISTENCIA	
	Formula	Tara N°01	Tara N°02	Tara N°03	Formula	Tara N° 04	
1.- Nº de Golpes							LL = N.P.
2.- Peso Tara (gr)							LP = N.P.
3.- Peso Tara + Suelo Humedo (gr)							
4.- Peso Tara + Suelo Seco (gr)							IP = N.P.
5.- Peso de Agua (gr)	(3)-(4)				(3)-(4)		
6.- Peso Suelo Seco, (gr)	(4)-(2)				(4)-(2)		
7.- Contenido de Humedad (%)	(4)/(5)*100				(4)/(6)*100		



Limite Liquido Metodo un Punto

$$LL = W \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

N = Numero de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad
 W_n = Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

W_n =	0
N =	0
LL =	0 %

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

4.- CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM - D2216)

Procedimiento	Fórmula	Tara No
1. Peso Tara, [gr]		1
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		27.61
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		153.50
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	1.88
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	125.89
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)*100	1.493

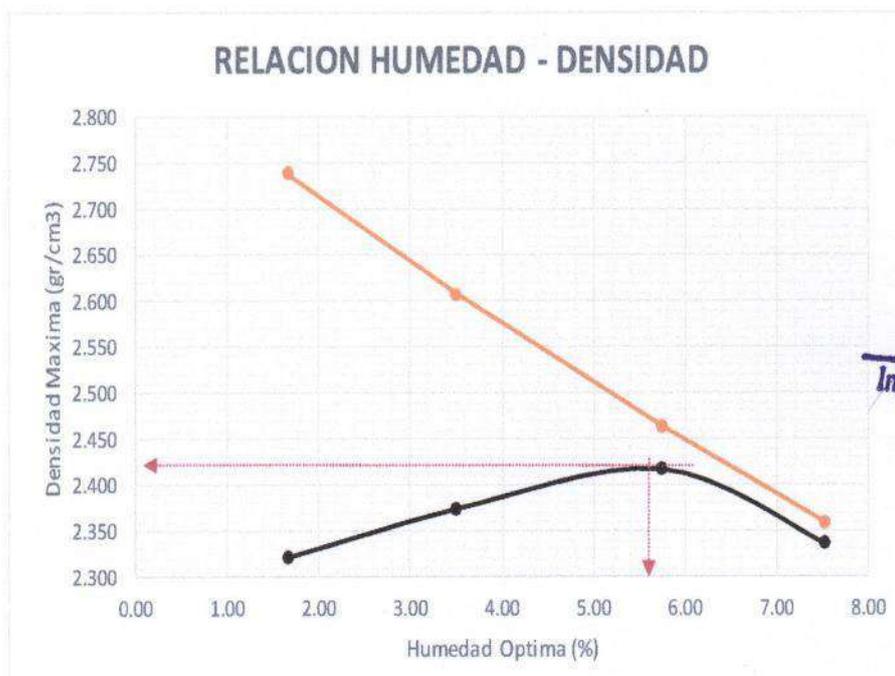
RESUMEN

Clasificación AASHTO	A1-a(0)
Clasificación SUCS	GP-GM
Grava (No. 4 < Diam < 3")	54.51%
Arena (No. 200 < Diam < No. 4)	39.70%
Finos (Diam < No. 200)	5.80%
Limite Liquido	N.P.
Limite Plástico	N.P.
Indice Plasticidad	N.P.
Contenido de Humedad	1.49%

Proyecto:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL A. H. LOS JARDINES - NUEVO CHIMBOTE"		
Departamento	ANCASH	Provincia:	SANTA
		Distrito:	NUEVO CHIMBOTE
Suelo:	BASE-SUB BASE	Fecha:	7/09/2019

ENSAYO DE COMPACTACION ASTM-D1557

Prueba N°		01	02	03	04
Peso suelo + molde	(gr)	9220.00	9425.00	9635.00	9545.00
Peso molde	(gr)	4215.00	4215.00	4215.00	4215.00
Peso suelo húmedo compactado	(gr)	5005.00	5210.00	5420.00	5330.00
Volumen del molde	(cm ³)	2120.00	2120.00	2120.00	2120.00
Peso volumétrico húmedo	(gr)	2.36	2.46	2.56	2.51
Recipiente N°		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo+tara	(gr)	140.50	134.20	141.60	192.30
Peso del suelo seco + tara	(gr)	138.70	130.40	135.80	181.00
Tara	(gr)	30.50	21.90	34.80	30.80
Peso de agua	(gr)	1.80	3.80	5.80	11.30
Peso del suelo seco	(gr)	108.20	108.50	101.00	150.20
Contenido de agua	(%)	1.66	3.50	5.74	7.52
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	2.322	2.374	2.418	2.338
Densidad máxima (gr/cm ³)					2.419
Humedad óptima (%)					5.56
Peso volumetrico seco saturado	2.74	2.61	2.46	2.36	
Gs	2.87				
Grado de saturacion S	100				
Peso esp. del agua	1	gr/cm ³			



GEOMG S.A.C.

 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo
 CIP N° 68738

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

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA: BASE SUB BASE

CLASE (SUCS)

GP-GM

FECHA:

7/09/2019

MUESTRA: 0

CLASE (AASHTO)

A1-a(0)

TAMIZ	Nº10(%)	Nº40(%)	Nº200(%)	ENSAYO DE COMPACTACION		
PASA%	29.29	16.32	6.13	METODO	DENSIDAD MAXIMA	HUMEDAD OPTIMA
LL/IP	N.P.	N.P.		A1-a(0)	2.419	5.56

COMPACTACION

Molde Nº	1		2		3	
	5		5		5	
Capas Nº	56		25		10	
Golpes por capa Nº	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13545.00	13650.00	13490.00	13615.00	12730.00	12905.00
Peso de molde (g)	8110.00	8110.00	8183.00	8183.00	7631.00	7631.00
Peso del suelo húmedo (g)	5435.00	5540.00	5307.00	5432.00	5099.00	5274.00
Volumen del molde (cm ³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2144.00	2144.00
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.554	2.603	2.494	2.553	2.378	2.460
Tara (Nº)	1		3		5	
Peso suelo húmedo + tara (g)	159.10	5540.00	154.60	5432.00	139.25	5274.00
Peso suelo seco + tara (g)	152.70	5148.95	147.60	5027.05	133.50	4829.40
Peso de tara (g)	37.50	0.00	21.90	0.00	30.50	0.00
Peso de agua (g)	6.40	391.05	7.00	404.95	5.75	444.60
Peso de suelo seco (g)	115.20	5148.95	125.70	5027.05	103.00	4829.40
Contenido de humedad (%)	5.56	7.59	5.57	8.06	5.58	9.21
Densidad seca (g/cm ³)	2.420	2.420	2.362	2.362	2.253	2.253

EXPANSION

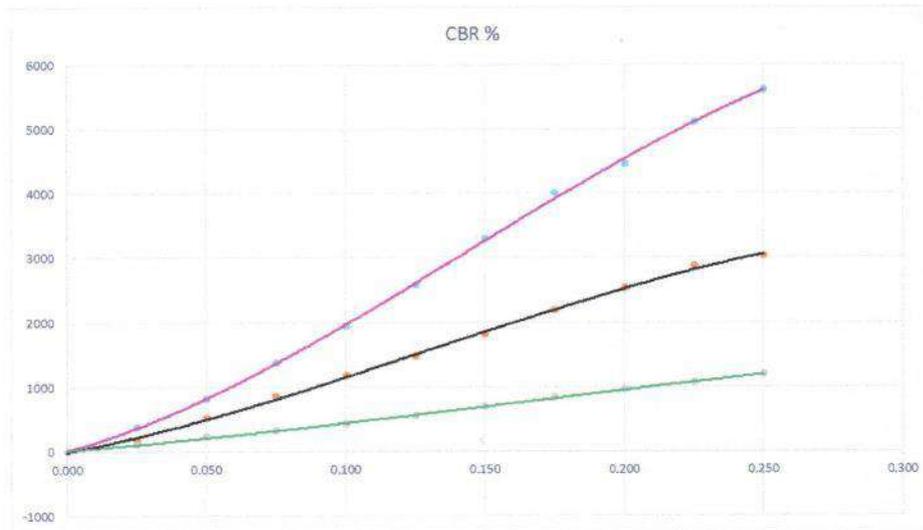
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
		00 Hrs.	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
		24 Hrs.	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
		48 Hrs.	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00

PENETRACION

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE Nº 01			MOLDE Nº 02				MOLDE Nº 03			
		CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	%
0.000		5			5				5			
0.025		372			182				107			
0.050		816			509				225			
0.075		1377			849				320			
0.100	70	1943	1949	142.0	1167	1165	84.9		423	419	30.5	
0.125		2574			1483				556			
0.150		3281			1815				685			
0.175		4000			2192				834			
0.200	106	4438	4513	219.2	2520	2532	123.0		960	929	45.1	
0.225		5101			2864				1071			
0.250		5610			3026				1184			
0.275												
0.300												
0.350												
0.400												
0.500												

GEOMG S.A.G.
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo
CIP Nº 68738

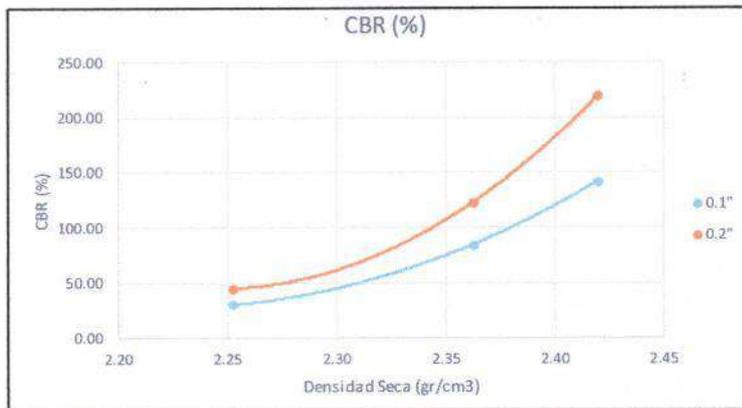
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM 1883



56	
CBR (0.1")	142.009069
CBR (0.2")	219.244981
Densidad (g)	2.41961812

25	
CBR (0.1")	84.8923435
CBR (0.2")	122.997397
Densidad (g)	2.36233682

10	
CBR (0.1")	30.5282924
CBR (0.2")	45.1321549
Densidad (g)	2.25251758



METODO DE COMPACTACION	:	ASTM D1557	
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	:	2.419	
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	5.560	
CLASIFICACION SUCS		GP-GM	
CLASIFICACION AASHTO		A1-a(0)	
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	141.74	0.2": 217.26
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	44.70	0.2": 59.68

GEOMG S.A.C.

 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo
 CIF N° 68738

ANEXO N° 12

CALCULO DEL MODULO DE RESILIENCIA DEL MATERIAL PARA BASE Y SUB BASE

N°	CALICATA	DATOS		PROCTOR			CBR (0.1")	
		M	Prof. (m)	METODO	MDS	OCH	100% (MDS)	95% (MDS)
1	CAL-1	0	0	C	2.419	5.56	141.74	44.70

Para obtener el Módulo Resiliente a partir del CBR, se empleará la siguiente ecuación que correlaciona el Mr – CBR, obtenida del Appendix CC-1 “Correlation of CBR values with soil index properties” preparado el 2001 por NCHRP Project 1- 37A (National Cooperative Highway Research Program), documento que forma parte de MEPDG Mechanistic - Empirical Pavement Design Guide – AASHTO interim 2008):

$$Mr(\text{psi}) = 2555 * CBR^{0.64}$$

CBR (%) =	44.70
Mr(psi) =	29077.77

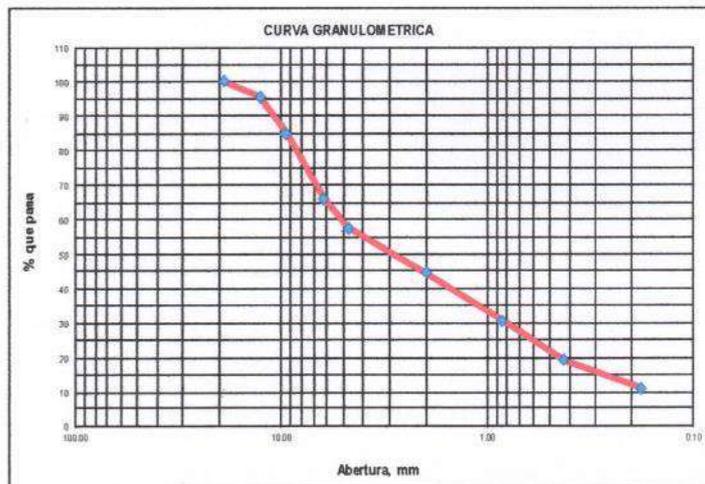
ANEXO N°13 LAVADO ASFALTICO

Proyecto: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL A. H. LOS JARDINES - NUEVO CHIMBOTE"			
Departament: ANCASH	Provincia: SANTA	Distrito:	NUEVO CHIMBOTE
Material: MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE			

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	1413.00
-------------------------	---------

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% pasa
3"	76.000		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.000		
3/4"	19.000	0.00	100.00
1/2"	12.700	62.70	95.56
3/8"	9.525	150.00	84.95
1/4"	6.250	268.90	65.92
N° 4	4.750	118.00	67.57
N° 10	2.000	185.30	44.45
N° 20	0.850	196.30	30.56
N° 40	0.425	161.80	19.11
N° 80	0.180	116.00	10.90
N° 200	0.075	96.60	4.06
FONDO		57.40	



RESUMEN DE GRADACION:

Grava (No.4 < Diam < 3")	42.43%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	46.67%
Finos (Diam < No.200)	10.90%

$P_{i(filtro)}$ gr	11.3
$P_{f(filtro)}$ gr	12.3
$P_m(lavado)$ gr	1412

CONTENIDO DE ASFALTO (ASTM D-2172)

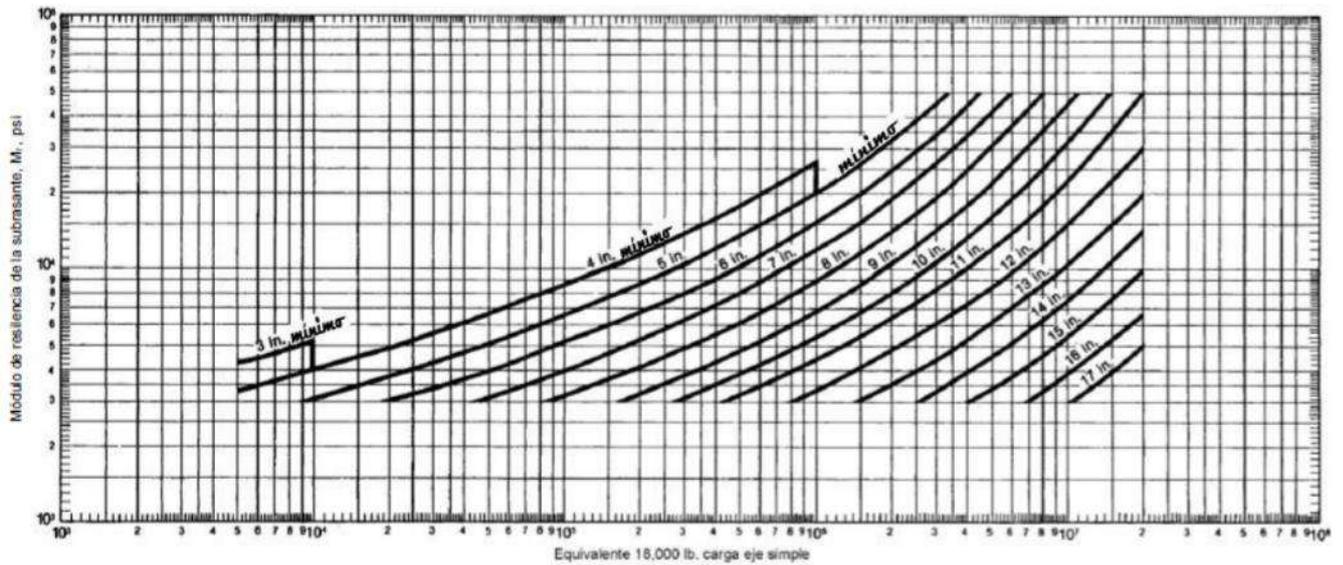
Peso Muestra Inicial (gr)	1500.00
Peso Muestra Final (gr)	1413.00
Contenido de asfalto (%)	5.80

GEOMG S.A.C.

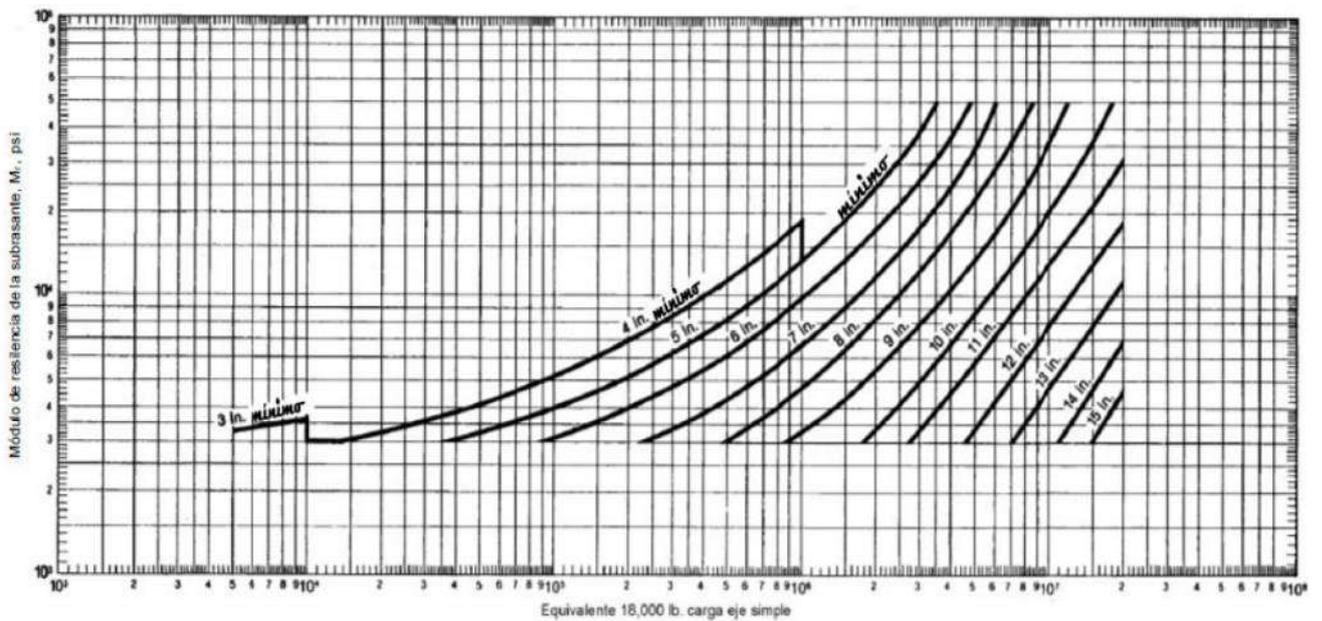
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo
 CIP N° 68738

ANEXO N° 14

CARTAS DE DISEÑO DEL METODO DEL INSTITUTO ASFALTO



Carta de diseño de Base de Agregados no Tratados de 6 pulgadas de espesor



Carta de Diseño de base de Agregados no Tratados de 12 pulgadas de espesor

ANEXO N° 15 METRADOS

Proyecto: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL A. H. LOS JARDINES - NUEVO CHIMBOTE"

Departamen ANCASH

Fecha: 8/09/2019

Provincia: SANTA

Diseño: INSTITUTO DEL ASFALTO

Distrito: NUEVO CHIMBOTE

Item	Partida	Nº veces	Nº Elementos	Area/Long. (m2/m)	Ancho (m)	Alto (m)	Parcial	Total	Und
1.00	PAVIMENTACION								
01.01	OBRAS PRELIMINARES								
01.01.01	TRAZO Y REPLANTEO C/ EQUIPO			Long.	Ancho			8,519.09	m2
	CALLE 1	1.000		256.930	5.40		1,387.42		
	CALLE 2	1.000		207.670	5.40		1,121.42		
	CALLE 3	1.000		258.760	5.40		1,397.30		
	CALLE A	1.000		118.890	5.40		642.01		
	CALLE B	1.000		118.950	5.40		642.33		
	CALLE C	1.000		203.100	5.40		1,096.74		
	CALLE D	1.000		207.920	5.40		1,122.77		
	CALLE E	1.000		205.390	5.40		1,109.11		
01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS								
01.02.01	CORTE HASTA NIVEL DE SUBRASANTE C/MAQUINARIA		Area			Altura de corte		4,003.97	m3
	corte hasta nivel de rasante								
	CALLE 1	1.000	1,387.42	Ver Item 01.01.01		0.47	652.09		
	CALLE 2	1.000	1,121.42	Ver Item 01.01.01		0.47	527.07		
	CALLE 3	1.000	1,397.30	Ver Item 01.01.01		0.47	656.73		
	CALLE A	1.000	642.01	Ver Item 01.01.01		0.47	301.74		
	CALLE B	1.000	642.33	Ver Item 01.01.01		0.47	301.90		
	CALLE C	1.000	1,096.74	Ver Item 01.01.01		0.47	515.47		
	CALLE D	1.000	1,122.77	Ver Item 01.01.01		0.47	527.70		
	CALLE E	1.000	1,109.11	Ver Item 01.01.01		0.47	521.28		
01.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE							5,004.97	m3
			Vol Corte- Vol Rell.	Esponjam.			Parcial		
	CORTE HASTA NIVEL DE SUBRASANTE C/MAQUINARIA		4,003.97	1.25			5,004.97		
01.03	PAVIMENTACION								
01.03.02	PREPARACION DE SUB-RASANTE C/MOTONIVELADORA							8,519.09	m2
	CALLE 1	1.000	1,387.42	Ver Item 01.01.01			1,387.42		
	CALLE 2	1.000	1,121.42	Ver Item 01.01.01			1,121.42		
	CALLE 3	1.000	1,397.30	Ver Item 01.01.01			1,397.30		
	CALLE A	1.000	642.01	Ver Item 01.01.01			642.01		
	CALLE B	1.000	642.33	Ver Item 01.01.01			642.33		
	CALLE C	1.000	1,096.74	Ver Item 01.01.01			1,096.74		
	CALLE D	1.000	1,122.77	Ver Item 01.01.01			1,122.77		
	CALLE E	1.000	1,109.11	Ver Item 01.01.01			1,109.11		
01.03.02	SUB BASE DE AFIRMADO E= 0.15m							8,519.09	m2
	CALLE 1	1.000	1,387.42	Ver Item 01.01.01		----	1,387.42		
	CALLE 2	1.000	1,121.42	Ver Item 01.01.01		----	1,121.42		
	CALLE 3	1.000	1,397.30	Ver Item 01.01.01		----	1,397.30		
	CALLE A	1.000	642.01	Ver Item 01.01.01		----	642.01		
	CALLE B	1.000	642.33	Ver Item 01.01.01		----	642.33		
	CALLE C	1.000	1,096.74	Ver Item 01.01.01		----	1,096.74		
	CALLE D	1.000	1,122.77	Ver Item 01.01.01		----	1,122.77		
	CALLE E	1.000	1,109.11	Ver Item 01.01.01		----	1,109.11		

01.03.03	BASE DE AFIRMADO E = 0.15 m						8,519.09	m2
	CALLE 1	1.000	1,387.42	Ver Item 01.01.01	----	1,387.42		
	CALLE 2	1.000	1,121.42	Ver Item 01.01.01	----	1,121.42		
	CALLE 3	1.000	1,397.30	Ver Item 01.01.01	----	1,397.30		
	CALLE A	1.000	642.01	Ver Item 01.01.01	----	642.01		
	CALLE B	1.000	642.33	Ver Item 01.01.01	----	642.33		
	CALLE C	1.000	1,096.74	Ver Item 01.01.01	----	1,096.74		
	CALLE D	1.000	1,122.77	Ver Item 01.01.01	----	1,122.77		
	CALLE E	1.000	1,109.11	Ver Item 01.01.01	----	1,109.11		
01.03.04	IMPRIMACION ASFALTICA MC-30						8,519.09	m2
			Area					
	CALLE 1	1.000	1,387.42	Ver Item 01.01.01	----	1,387.42		
	CALLE 2	1.000	1,121.42	Ver Item 01.01.01	----	1,121.42		
	CALLE 3	1.000	1,397.30	Ver Item 01.01.01	----	1,397.30		
	CALLE A	1.000	642.01	Ver Item 01.01.01	----	642.01		
	CALLE B	1.000	642.33	Ver Item 01.01.01	----	642.33		
	CALLE C	1.000	1,096.74	Ver Item 01.01.01	----	1,096.74		
	CALLE D	1.000	1,122.77	Ver Item 01.01.01	----	1,122.77		
	CALLE E	1.000	1,109.11	Ver Item 01.01.01	----	1,109.11		
01.03.05	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 6.5"						8,519.09	m2
			Area					
	CALLE 1	1.000	1,387.42	Ver Item 01.01.01	----	1,387.42		
	CALLE 2	1.000	1,121.42	Ver Item 01.01.01	----	1,121.42		
	CALLE 3	1.000	1,397.30	Ver Item 01.01.01	----	1,397.30		
	CALLE A	1.000	642.01	Ver Item 01.01.01	----	642.01		
	CALLE B	1.000	642.33	Ver Item 01.01.01	----	642.33		
	CALLE C	1.000	1,096.74	Ver Item 01.01.01	----	1,096.74		
	CALLE D	1.000	1,122.77	Ver Item 01.01.01	----	1,122.77		
	CALLE E	1.000	1,109.11	Ver Item 01.01.01	----	1,109.11		

ANEXO N° 16

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

OBRA: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL A. H. LOS JARDINES – NUEVO CHIMBOTE”

PARTIDA	01.01.01	TRAZO Y REPLANTEO C/ EQUIPO				
JORNADA	8	H/DÍA				
RENDIMIENTO	500	M2/DÍA			UNIDAD	M2
DESCRIPCIÓN INSUMO		UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ		HH	0.00	0.0000	24.52	0.00
PEON		HH	3.00	0.0480	16.09	0.77
TOPOGRAFO		HH	1.00	0.0160	22.29	0.36
					SUBTOTAL	1.13
MATERIALES						
CLAVOS PARA MADERA C/ CABEZA P/CONSTRUCCION D. PRO		KG		0.0050	3.40	0.02
YESO BOLSA 10 kg		BOL		0.0150	6.54	0.10
MADERA TORNILLO		P2		0.0264	3.90	0.10
PINTURA ESMALTE SINTETICO		GAL		0.0020	40.00	0.08
CORDEL ROLLO DE 50M.		PZA		0.0010	12.90	0.01
						0.00
					SUBTOTAL	0.31
EQUIPOS						
TEODOLITO		HM	1	0.0160	10.50	0.17
JALON		HM	2	0.0320	1.00	0.03
MIRA TOPOGRAFICA		HM	1	0.0160	3.00	0.05
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.030	1.13	0.03
					SUBTOTAL	0.28
					TOTAL	1.72

PARTIDA	01.02.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO A NIVEL DE SUBRASANTE C/EQUIPO				
JORNADA	8	H/DÍA				
RENDIMIENTO	380	M3/DÍA			UNIDAD	M3
DESCRIPCIÓN INSUMO		UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ		HH	0.10	0.002	24.52	0.05
OFICIAL		HH	1.00	0.021	17.86	0.38
PEON		HH	2.00	0.042	16.09	0.68
					SUBTOTAL	1.11
MATERIALES						
						0.00
						0.00
					SUBTOTAL	0.00
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.030	1.11	0.03
TRACTOR SOBRE ORUGAS 140-160 HP		HM	1	0.021	210.00	4.42
					SUBTOTAL	4.45
					TOTAL	5.56

PARTIDA	01.02.02	PREPARACION DE SUB-RASANTE C/MOTONIVELADORA				
JORNADA	8	H/DÍA				
RENDIMIENTO	260	M3/DÍA			UNIDAD	M3
DESCRIPCIÓN INSUMO		UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ		HH	1.00	0.031	24.52	0.75
OFICIAL		HH	1.00	0.031	17.86	0.55
PEON		HH	5.00	0.154	16.09	2.48
					SUBTOTAL	3.78
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.030	3.78	0.11
RODILLO VIBRATORIO LISO AUTOP. 101 - 135 HP ,10-12 ton		HM	1	0.031	168.36	5.18
TRACTOR SOBRE ORUGAS 140-160 HP		HM	0.5	0.015	210.00	3.23
MOTONIVELADORA 125 HP		HM	1	0.031	175.00	5.38
CAMION CISTERNA 4X2 AGUA 122 HP 2000 GAL		HM	1	0.031	128.96	3.97
					SUBTOTAL	17.87
					TOTAL	21.65

PARTIDA	01.02.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE C/VOLQUET 15 M3 DMT = 5 KM				
JORNADA	8	H/DÍA				
RENDIMIENTO	480	M3/DÍA			UNIDAD	M3
DESCRIPCIÓN INSUMO		UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA						
OFICIAL		HH	1.00	0.0167	17.86	0.30
		HH		0.000		0.00
					SUBTOTAL	0.30
MATERIALES						
						0.00
						0.00
					SUBTOTAL	0.00
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.030	0.30	0.01
CARGADOR SOBRE LLANTAS 125 HP , 2.5 Y3		HM	1	0.0167	190.00	3.18
CAMION VOLQUETE DE 15 m3		HM	6	0.1000	200.00	20.00
					SUBTOTAL	23.19
					TOTAL	23.49

PARTIDA	01.03.01	CONFORMACIÓN Y COMPACTACION DE SUBRASANTE C/MOTONIVELADORA 125 HP				
JORNADA	8	H/DÍA				
RENDIMIENTO	1650	M2/DÍA			UNIDAD	M2
DESCRIPCIÓN INSUMO		UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ		HH	1.00	0.005	24.52	0.12
OFICIAL		HH	1.00	0.005	17.86	0.09
PEON		HH	4.00	0.019	16.09	0.31
					SUBTOTAL	0.52
MATERIALES						
						0.00
						0.00
					SUBTOTAL	0.00
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.030	0.52	0.02
RODILLO VIBRATORIO LISO AUTOP. 101 - 135 HP ,10-12 ton		HM	1	0.0048	168.36	0.81
MOTONIVELADORA 125 HP		HM	1	0.0048	175.00	0.84
CAMION CISTERNA 4X2 AGUA 122 HP 2000 GAL		HM	1	0.0048	128.96	0.62
					SUBTOTAL	2.29
					TOTAL	2.81

PARTIDA	01.03.02	SUB BASE GRANULAR PARA E=0.15 M.				
JORNADA	8	H/DÍA				
RENDIMIENTO	1200	M2/DÍA			UNIDAD	M2
DESCRIPCIÓN INSUMO		UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ		HH	1.00	0.0067	24.52	0.16
OFICIAL		HH	1.00	0.0067	17.86	0.12
PEON		HH	4.00	0.0267	16.09	0.43
					SUBTOTAL	0.71
MATERIALES						
MATERIAL GRANULAR P/BASE		M3		0.1905	38.00	7.24
						0.00
					SUBTOTAL	7.24
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.030	0.71	0.02
RODILLO VIBRATORIO LISO AUTOP. 101 - 135 HP ,10-12 ton		HM	1	0.0067	168.36	1.13
MOTONIVELADORA 125 HP		HM	1	0.0067	175.00	1.18
CAMION CISTERNA 4X2 AGUA 122 HP 2000 GAL		HM	1	0.0067	128.96	0.86
					SUBTOTAL	3.19
					TOTAL	11.14

PARTIDA	01.03.03	BASE GRANULAR E=0.15 M.				
JORNADA	8	H/DÍA				
RENDIMIENTO	910	M2/DÍA			UNIDAD	M2
DESCRIPCIÓN INSUMO		UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ		HH	1.00	0.009	24.52	0.23
OFICIAL		HH	1.00	0.009	16.09	0.15
PEON		HH	4.00	0.035	16.09	0.57
					SUBTOTAL	0.95
MATERIALES						
MATERIAL GRANULAR P/BASE		M3		0.1905	38.00	7.24
						0.00
						0.00
					SUBTOTAL	7.24
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.030	0.95	0.03
RODILLO VIBRATORIO LISO AUTOP. 101 - 135 HP ,10-12 ton		HM	1	0.0088	168.36	1.48
MOTONIVELADORA 125 HP		HM	1	0.0088	175.00	1.54
CAMION CISTERNA 4X2 AGUA 122 HP 2000 GAL		HM	1	0.0088	128.96	1.13
					SUBTOTAL	4.18
					TOTAL	12.37

PARTIDA	01.03.04	IMPRIMACIÓN ASFALTICA CON MC-30				
JORNADA	8	H/DÍA				
RENDIMIENTO	3000	M2/DÍA			UNIDAD	M2
DESCRIPCIÓN INSUMO		UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ		HH	1.00	0.003	24.52	0.07
OFICIAL		HH	1.00	0.003	17.86	0.05
PEON		HH	6.00	0.016	16.09	0.26
					SUBTOTAL	0.38
MATERIALES						
ASFALTO MC - 30		GAL		0.3700	6.93	2.56
						0.00
						0.00
					SUBTOTAL	2.56
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.030	0.38	0.01
CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1,800 gl		HM	1	0.003	140.00	0.38
BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7 P.LONG.		HM	1	0.003	70.00	0.19
					SUBTOTAL	0.58
					TOTAL	3.52

PARTIDA	01.03.05	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 6.5" C/ EQUIPOS				
JORNADA	8	H/DÍA				
RENDIMIENTO	2800	M2/DÍA		UNIDAD	M2	
DESCRIPCIÓN INSUMO						
		UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ		HH	1.00	0.003	24.52	0.07
OPERARIO		HH	4.00	0.011	22.29	0.25
OFICIAL		HH	2.00	0.006	17.86	0.10
PEON		HH	7.00	0.020	16.09	0.32
					SUBTOTAL	0.74
MATERIALES						
MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE		M3		0.2113	381.36	80.59
						0.00
					SUBTOTAL	80.59
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.030	0.74	0.02
RODILLO NEUMATICO AUTOP. 81 - 100 HP ,5.5-20 ton		HM	1	0.0029	137.66	0.39
RODILLO TANDEM ESTATICO A 58- 70 HP, 8-10 ton		HM	1	0.0029	140.00	0.40
PAVIMENTADORA S/ LLANTAS 69 HP 10-16'		HM	1	0.0029	170.00	0.50
					SUBTOTAL	1.31
					TOTAL	82.64

ANEXO N° 17

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS DEL CR-ME 2014

OBRA: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL A. H. LOS JARDINES – NUEVO CHIMBOTE”

PARTIDA	01.01.01	TRAZO Y REPLANTEO C/ EQUIPO				
JORNADA	8	H/DÍA				
RENDIMIENTO	500	M2/DÍA			UNIDAD	M2
DESCRIPCIÓN INSUMO		UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ		HH	0.00	0.0000	24.52	0.00
PEON		HH	3.00	0.0480	16.09	0.77
TOPOGRAFO		HH	1.00	0.0160	22.29	0.36
					SUBTOTAL	1.13
MATERIALES						
CLAVOS PARA MADERA C/ CABEZA P/CONSTRUCCION D. PRO		KG		0.0050	3.40	0.02
YESO BOLSA 10 kg		BOL		0.0150	6.54	0.10
MADERA TORNILLO		P2		0.0264	3.90	0.10
PINTURA ESMALTE SINTETICO		GAL		0.0020	40.00	0.08
CORDEL ROLLO DE 50M.		PZA		0.0010	12.90	0.01
						0.00
					SUBTOTAL	0.31
EQUIPOS						
TEODOLITO		HM	1	0.0160	10.50	0.17
JALON		HM	2	0.0320	1.00	0.03
MIRA TOPOGRAFICA		HM	1	0.0160	3.00	0.05
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.030	1.13	0.03
					SUBTOTAL	0.28
					TOTAL	1.72

PARTIDA	01.02.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO A NIVEL DE SUBRASANTE C/EQUIPO				
JORNADA	8	H/DÍA				
RENDIMIENTO	380	M3/DÍA			UNIDAD	M3
DESCRIPCIÓN INSUMO		UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ		HH	0.10	0.002	24.52	0.05
OFICIAL		HH	1.00	0.021	17.86	0.38
PEON		HH	2.00	0.042	16.09	0.68
					SUBTOTAL	1.11
MATERIALES						
						0.00
						0.00
					SUBTOTAL	0.00
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.030	1.11	0.03
TRACTOR SOBRE ORUGAS 140-160 HP		HM	1	0.021	210.00	4.42
					SUBTOTAL	4.45
					TOTAL	5.56

PARTIDA	01.02.02	PREPARACION DE SUB-RASANTE C/MOTONIVELADORA				
JORNADA	8	H/DÍA				
RENDIMIENTO	260	M3/DÍA		UNIDAD	M3	
DESCRIPCIÓN INSUMO		UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ		HH	1.00	0.031	24.52	0.75
OFICIAL		HH	1.00	0.031	17.86	0.55
PEON		HH	5.00	0.154	16.09	2.48
					SUBTOTAL	3.78
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.030	3.78	0.11
RODILLO VIBRATORIO LISO AUTOP. 101 - 135 HP ,10-12 ton		HM	1	0.031	168.36	5.18
TRACTOR SOBRE ORUGAS 140-160 HP		HM	0.5	0.015	210.00	3.23
MOTONIVELADORA 125 HP		HM	1	0.031	175.00	5.38
CAMION CISTERNA 4X2 AGUA 122 HP 2000 GAL		HM	1	0.031	128.96	3.97
					SUBTOTAL	17.87
					TOTAL	21.65

PARTIDA	01.02.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE C/VOLQUET 15 M3 DMT = 5 KM				
JORNADA	8	H/DÍA				
RENDIMIENTO	480	M3/DÍA		UNIDAD	M3	
DESCRIPCIÓN INSUMO		UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA						
OFICIAL		HH	1.00	0.0167	17.86	0.30
		HH		0.000		0.00
					SUBTOTAL	0.30
MATERIALES						
						0.00
						0.00
					SUBTOTAL	0.00
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.030	0.30	0.01
CARGADOR SOBRE LLANTAS 125 HP , 2.5 Y3		HM	1	0.0167	190.00	3.18
CAMION VOLQUETE DE 15 m3		HM	6	0.1000	200.00	20.00
					SUBTOTAL	23.19
					TOTAL	23.49

PARTIDA	01.03.01	CONFORMACIÓN Y COMPACTACION DE SUBRASANTE C/ MOTONIVELADORA 125 HP				
JORNADA	8	H/DÍA				
RENDIMIENTO	1650	M2/DÍA		UNIDAD	M2	
DESCRIPCIÓN INSUMO		UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ		HH	1.00	0.005	24.52	0.12
OFICIAL		HH	1.00	0.005	17.86	0.09
PEON		HH	4.00	0.019	16.09	0.31
					SUBTOTAL	0.52
MATERIALES						
						0.00
						0.00
					SUBTOTAL	0.00
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.030	0.52	0.02
RODILLO VIBRATORIO LISO AUTOP. 101 - 135 HP ,10-12 ton		HM	1	0.0048	168.36	0.81
MOTONIVELADORA 125 HP		HM	1	0.0048	175.00	0.84
CAMION CISTERNA 4X2 AGUA 122 HP 2000 GAL		HM	1	0.0048	128.96	0.62
					SUBTOTAL	2.29
					TOTAL	2.81

PARTIDA	01.03.02	SUB BASE GRANULAR PARA E=0.15 M.				
JORNADA	8	H/DÍA				
RENDIMIENTO	1200	M2/DÍA			UNIDAD	M2
DESCRIPCIÓN INSUMO		UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ		HH	1.00	0.0067	24.52	0.16
OFICIAL		HH	1.00	0.0067	17.86	0.12
PEON		HH	4.00	0.0267	16.09	0.43
					SUBTOTAL	0.71
MATERIALES						
MATERIAL GRANULAR P/BASE		M3		0.1905	38.00	7.24
						0.00
					SUBTOTAL	7.24
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.030	0.71	0.02
RODILLO VIBRATORIO LISO AUTOP. 101 - 135 HP ,10-12 ton		HM	1	0.0067	168.36	1.13
MOTONIVELADORA 125 HP		HM	1	0.0067	175.00	1.18
CAMION CISTERNA 4X2 AGUA 122 HP 2000 GAL		HM	1	0.0067	128.96	0.86
					SUBTOTAL	3.19
					TOTAL	11.14

PARTIDA	01.03.03	BASE GRANULAR E=0.15 M.				
JORNADA	8	H/DÍA				
RENDIMIENTO	910	M2/DÍA			UNIDAD	M2
DESCRIPCIÓN INSUMO		UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ		HH	1.00	0.009	24.52	0.23
OFICIAL		HH	1.00	0.009	16.09	0.15
PEON		HH	4.00	0.035	16.09	0.57
					SUBTOTAL	0.95
MATERIALES						
MATERIAL GRANULAR P/BASE		M3		0.1905	38.00	7.24
						0.00
					SUBTOTAL	7.24
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.030	0.95	0.03
RODILLO VIBRATORIO LISO AUTOP. 101 - 135 HP ,10-12 ton		HM	1	0.0088	168.36	1.48
MOTONIVELADORA 125 HP		HM	1	0.0088	175.00	1.54
CAMION CISTERNA 4X2 AGUA 122 HP 2000 GAL		HM	1	0.0088	128.96	1.13
					SUBTOTAL	4.18
					TOTAL	12.37

PARTIDA	01.03.04	IMPRIMACIÓN ASFALTICA CON MC-30				
JORNADA	8	H/DÍA				
RENDIMIENTO	3000	M2/DÍA			UNIDAD	M2
DESCRIPCIÓN INSUMO		UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ		HH	1.00	0.003	24.52	0.07
OFICIAL		HH	1.00	0.003	17.86	0.05
PEON		HH	6.00	0.016	16.09	0.26
					SUBTOTAL	0.38
MATERIALES						
ASFALTO MC - 30		GAL		0.3700	6.93	2.56
						0.00
					SUBTOTAL	2.56
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.030	0.38	0.01
CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1,800 gl		HM	1	0.003	140.00	0.38
BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7 P.LONG.		HM	1	0.003	70.00	0.19
					SUBTOTAL	0.58
					TOTAL	3.52

PARTIDA	01.03.05	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 5" C/ EQUIPOS				
JORNADA	8	H/DÍA				
RENDIMIENTO	2800	M2/DÍA		UNIDAD	M2	
DESCRIPCIÓN INSUMO		UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ		HH	1.00	0.003	24.52	0.07
OPERARIO		HH	4.00	0.011	22.29	0.25
OFICIAL		HH	2.00	0.006	17.86	0.10
PEON		HH	7.00	0.020	16.09	0.32
					SUBTOTAL	0.74
MATERIALES						
MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE		M3		0.1626	381.36	61.99
						0.00
					SUBTOTAL	61.99
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.030	0.74	0.02
RODILLO NEUMATICO AUTOP. 81 - 100 HP ,5.5-20 ton		HM	1	0.0029	137.66	0.39
RODILLO TANDEM ESTATICO A 58- 70 HP, 8-10 ton		HM	1	0.0029	140.00	0.40
PAVIMENTADORA S/ LLANTAS 69 HP 10-16'		HM	1	0.0029	170.00	0.50
					SUBTOTAL	1.31
					TOTAL	64.04

ANEXO N° 18 **PANEL FOTOGRAFICO**

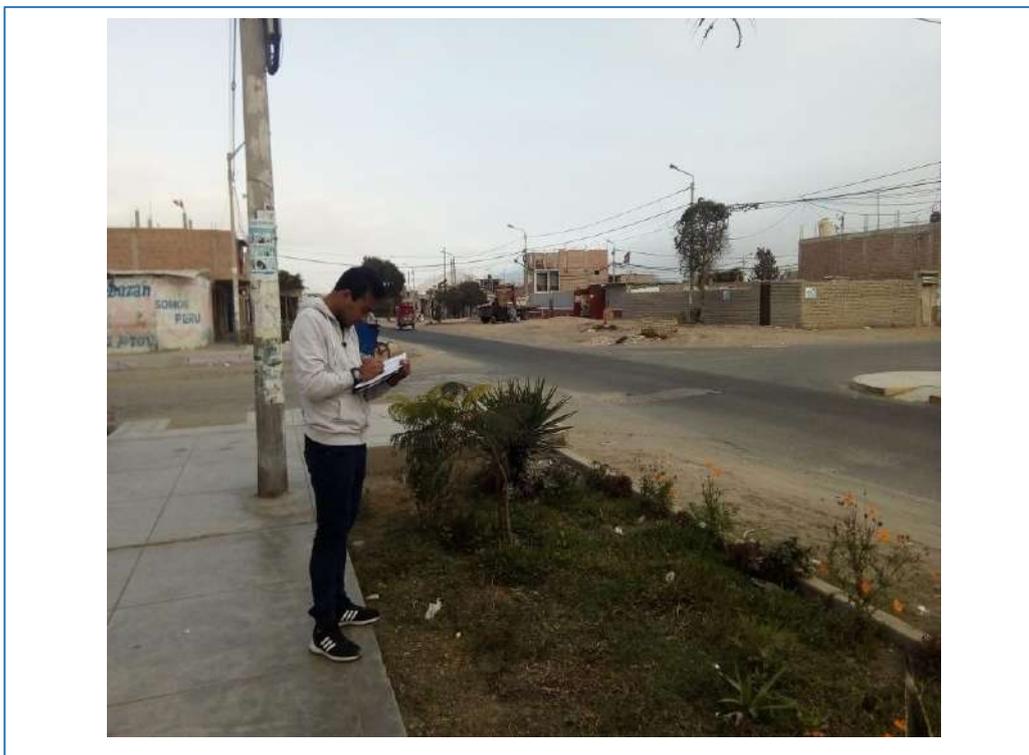


FOTO N° 01
CONTEO VEHICULAR



FOTO N° 02
CALIBRADOR DE PRESION PARA NEUMATICO



FOTO N° 03
OBTENCION DE LA PRESION DE INFLADO CAMION C-2



FOTO N° 04
OBTENCION DE LA PRESION DE INFLADO BUS B-3



FOTO N° 05
TRAZO DEL PERIMETRO DE LA CALICATA



FOTO N° 06
EXCAVACION HASTA LOS 30 CM DE PROFUNDIDAD



FOTO N° 07
EXCAVACION HASTA LOS 50 CM DE PROFUNDIDAD



FOTO N° 08
EXCAVACION HASTA LOS 80 CM DE PROFUNDIDAD



FOTO N° 09
EXCAVACION HASTA EL 1.5 M DE PROFUNDIDAD

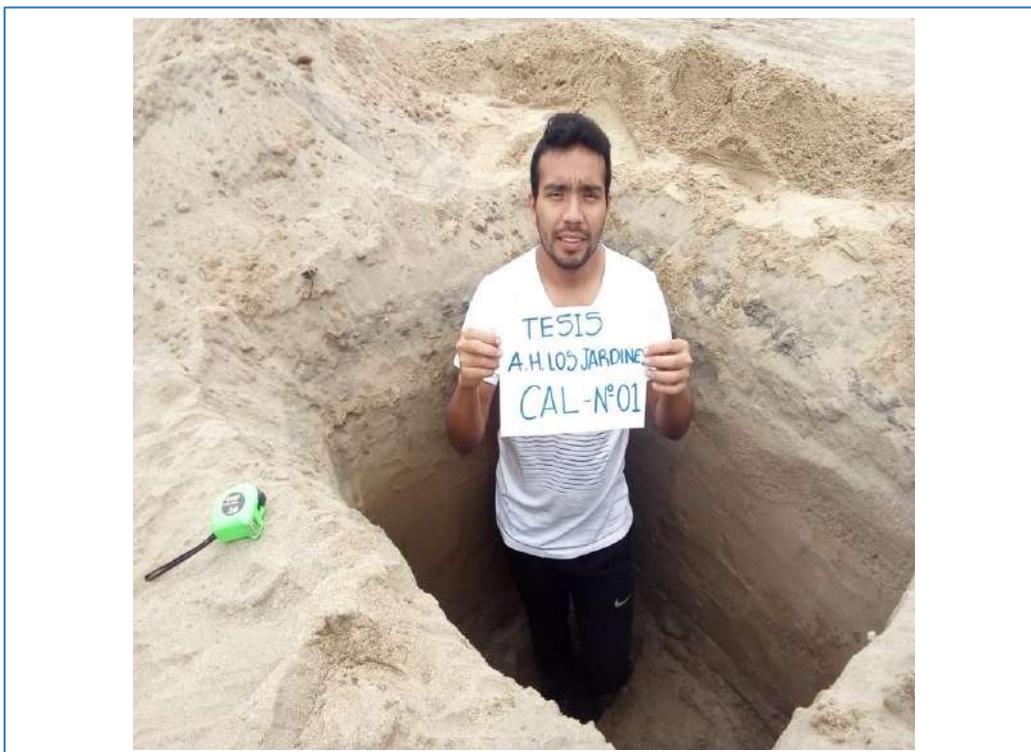


FOTO N° 10
CALICATA N° 1



FOTO N° 11
CALICATA N° 2



FOTO N° 12
CALICATA N° 3



FOTO N° 13
VISTA Y MEDIDA DE ESTRATOS

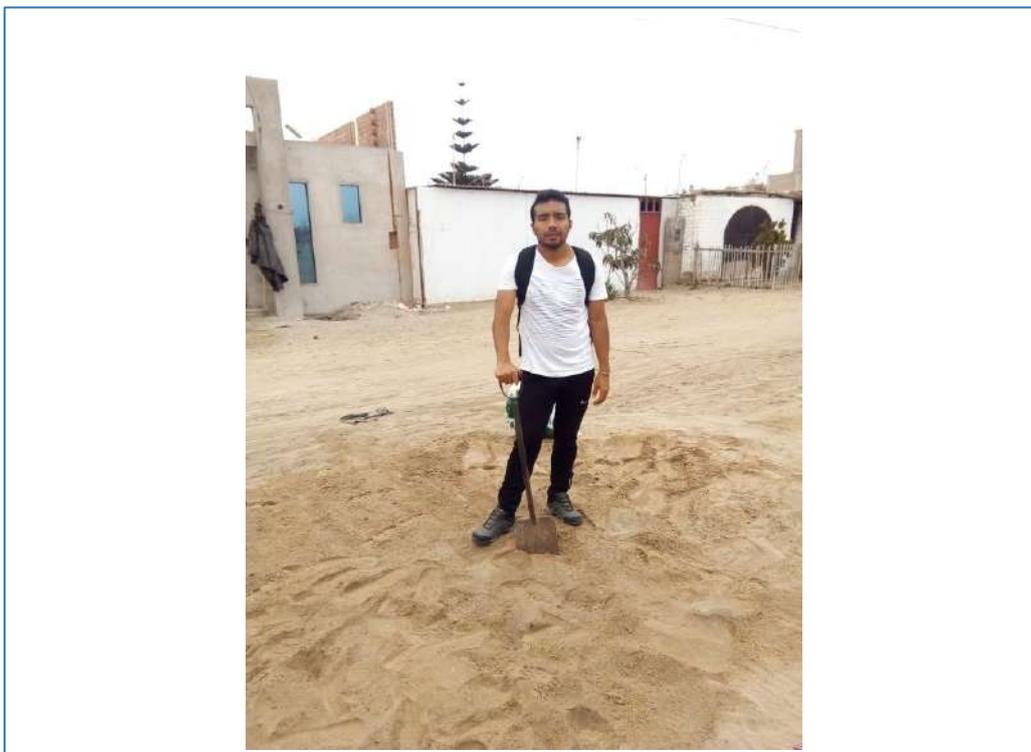


FOTO N° 14
TAPADO DE CALICATA



FOTO N° 15
MUESTRA DE ASFALTO



FOTO N° 16
EQUIPO PARA LAVADO ASFALTICO



FOTO N° 17
PESO DE MUESTRA DE ASFALTO



FOTO N° 18
VACEADO DEL ASFALTO PARA EL LAVADO



FOTO N° 19
PROCESO DE LAVADO DE ASFALTO



FOTO N° 20
TRICLORETIENO PARA EL LAVADO ASFALTICO



FOTO N° 21
PESO DE MUESTRA PARA LA GRANULOMETRIA DE SUB RASANTE



FOTO N° 22
PESO DE MUESTRA PARA LA GRANULOMETRIA DE AFIRMADO



FOTO N° 23
GRANULOMETRIA DE SUB RASANTE



FOTO N° 24
GRANULOMETRIA DE MATERIAL PARA AFIRMADO



FOTO N° 25
CONTENIDO DE HUMEDAD DE SUB RASANTE



FOTO N° 26
CONTENIDO DE HUMEDAD DE AFIRMADO Y SECADO DE MUESTRA



FOTO N° 27
OBTENCION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD



FOTO N° 28
TAMICES PARA GRANULOMETRIA



FOTO N° 29
ENSAYO PARA GRAVEDAD ESPECIFICA



FOTO N° 30
ENSAYO DE ABRASION



FOTO N° 31
ENSAYO DE CARA FRACTURADA



FOTO N° 32
EQUIVALENTE DE ARENA

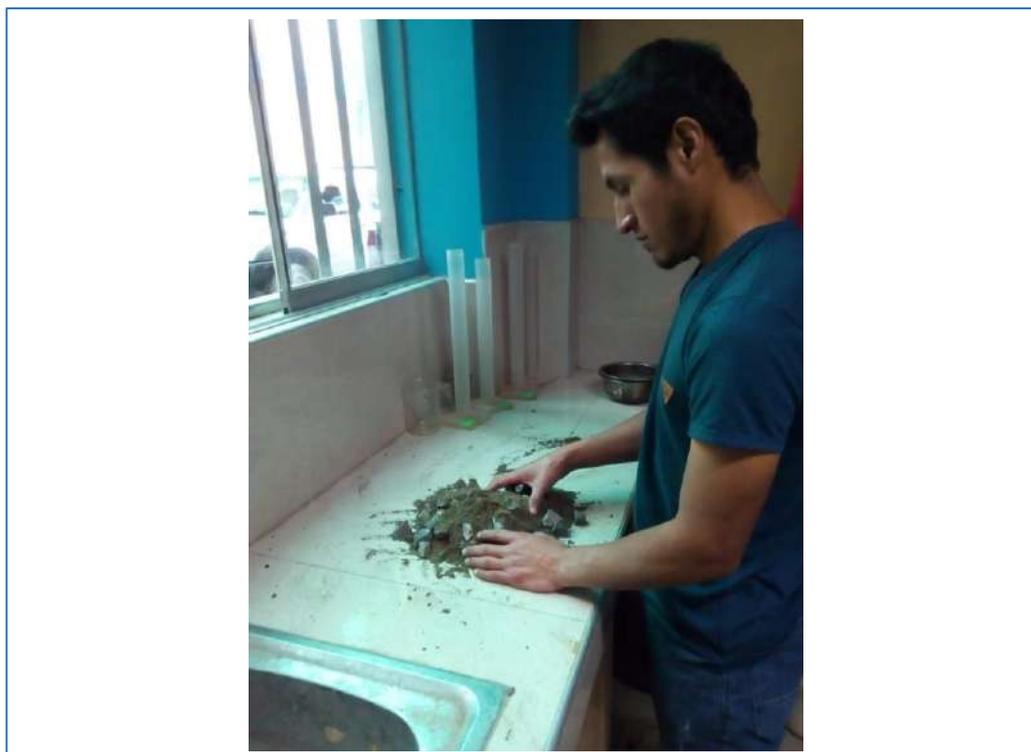


FOTO N° 33

DOSIFICACION DE AGREGADO GRUESO Y FINO



FOTO N° 34

MEZCLA DE MATERIAL PARA BASE Y SUB - BASE



FOTO N° 35
PROCTOR DE SUBRASANTE



FOTO N° 36
PROCTOR DE MATERIAL PARA AFIRMADO



FOTO N° 37
PREPARACION DE MOLDE DE CBR PARA SUB RASANTE

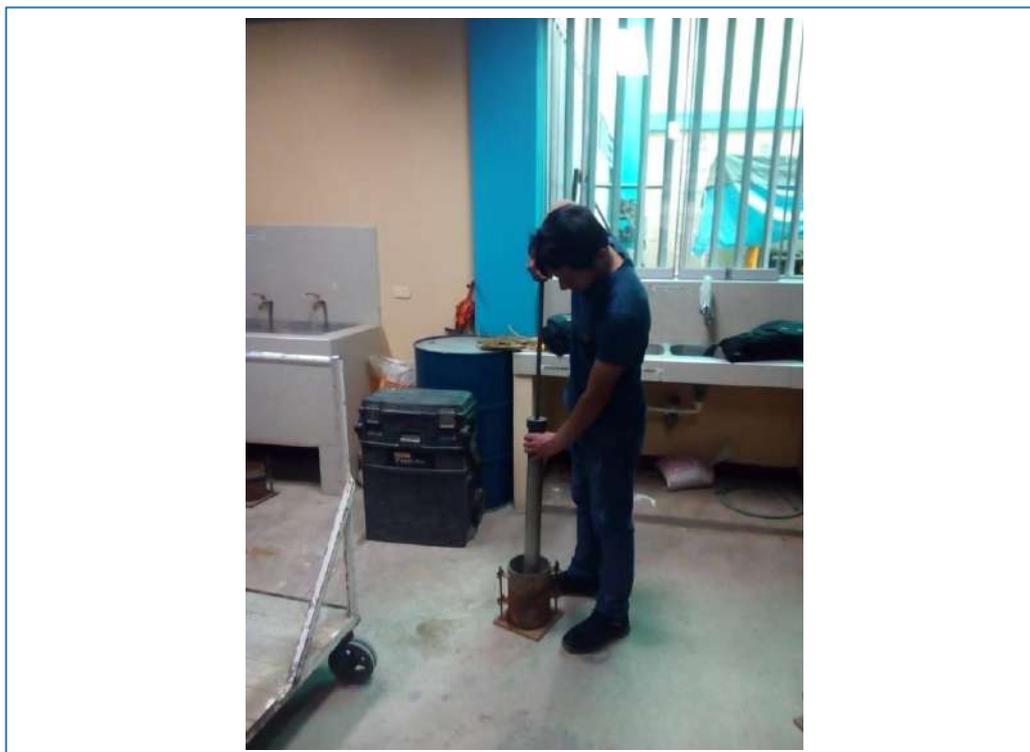


FOTO N° 38
PREPARACION DE MOLDE DE CBR DE MATERIAL PARA AFIRMADO

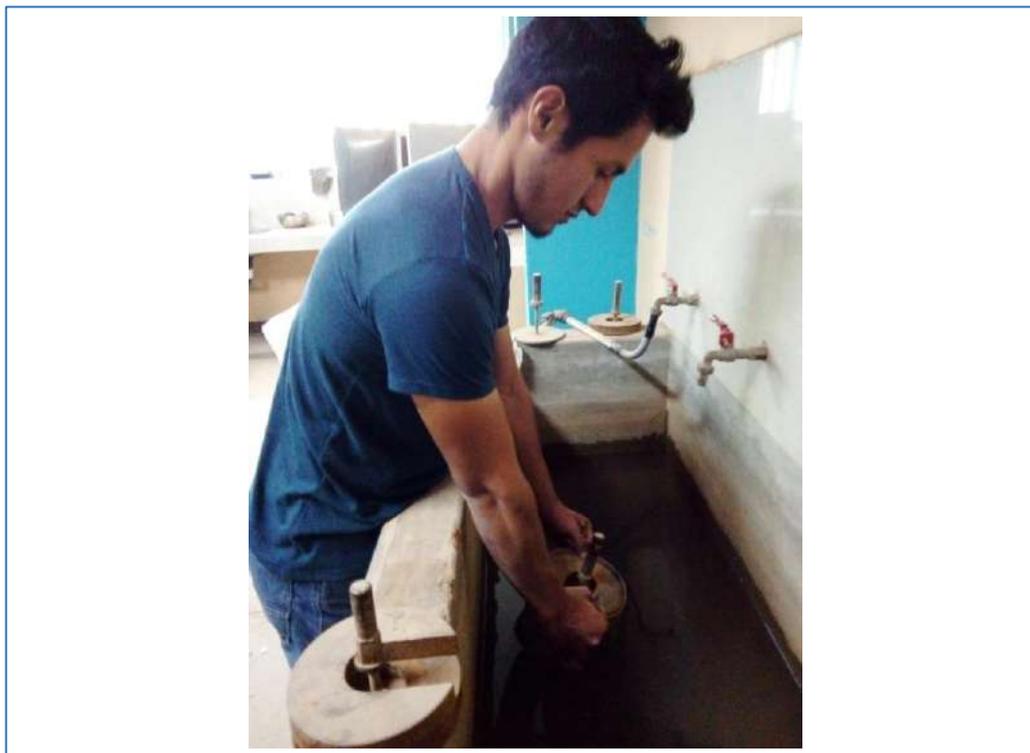


FOTO N°39
IMERSION DEL MOLDE DE CBR DE SUB RASANTE



FOTO N° 40
IMERSION DE MOLDE DE CBR DE MATERIAL PARA AFIRMADO



FOTO N° 41
ENSAYO DE PENETRACION PARA SUB RASANTE



FOTO N° 42
ENSAYO DE PENETRACION DE MATERIAL PARA AFIRMADO



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Bach. Castillo Nima, Jhonny David B..
Título del ejercicio: estado del arte
Título de la entrega: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS..
Nombre del archivo: TESIS COMPLETA CASDOL_Red.d..
Tamaño del archivo: 35.96M
Total páginas: 235
Total de palabras: 22,664
Total de caracteres: 122,506
Fecha de entrega: 23-sep-2019 08:25a.m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 1178271689

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



"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS
INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPIRICO
CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
DEL A. H. LOS JARDINES – NUEVO CHIMBOTE"

TESIS PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

TESISTAS:

BACH. CASTILLO NIMA, JHONNY DAVID

BACH. DOLORES VALVERDE, DEEKL ACHTOPHEL

ASESOR:

MS. ING. VILLAVICENCIO GONZALEZ, FELIPE ELEUTERIO

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ
2019

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO CR-ME 2014 EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL A. H. LOS JARDINES – NUEVO CHIMBOTE”

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

3%

2

ri.ues.edu.sv

Fuente de Internet

1%

3

cybertesis.urp.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

Submitted to Universidad Ricardo Palma

Trabajo del estudiante

1%

5

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

transparencia.mtc.gob.pe

Fuente de Internet

1%

7

www.scribd.com

Fuente de Internet

1%

8

Submitted to Universidad Católica de Santa

	María Trabajo del estudiante	1%
9	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	1%
10	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
11	www.lanamme.ucr.ac.cr Fuente de Internet	1%
12	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	1%
13	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
14	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
15	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	<1%
16	repository.ucatolica.edu.co Fuente de Internet	<1%
17	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
18	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1%
19	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%

20 upcommons.upc.edu <1%
Fuente de Internet

21 repositorio.uancv.edu.pe <1%
Fuente de Internet

22 repositorio.uncp.edu.pe <1%
Fuente de Internet

23 repositorio.unheval.edu.pe <1%
Fuente de Internet

24 documents.mx <1%
Fuente de Internet

25 repositorio.lamolina.edu.pe <1%
Fuente de Internet

26 repositorioacademico.upc.edu.pe <1%
Fuente de Internet

27 intranet.cip.org.pe <1%
Fuente de Internet

28 Submitted to Universidad Andina del Cusco <1%
Trabajo del estudiante

29 repositorio.continental.edu.pe <1%
Fuente de Internet

30 dspace.ucuenca.edu.ec <1%
Fuente de Internet

31 repositorio.unsa.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

32

ar.scribd.com

Fuente de Internet

<1%

33

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

34

www.rioc.cl

Fuente de Internet

<1%

35

repositorio.une.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

36

www.imt.mx

Fuente de Internet

<1%

37

dspace.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

38

repository.unimilitar.edu.co

Fuente de Internet

<1%

39

prezi.com

Fuente de Internet

<1%

40

repositorio.utea.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

41

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

42

docplayer.es

Fuente de Internet

<1%

43 tesis.pucp.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

44 repositorio.upn.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

45 repositorio.upao.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

46 repositorio.uis.edu.co <1 %
Fuente de Internet

47 www.repositorio.seap.pr.gov.br <1 %
Fuente de Internet

48 pt.scribd.com <1 %
Fuente de Internet

49 www.docstoc.com <1 %
Fuente de Internet

50 mef.gob.pe <1 %
Fuente de Internet

51 studylib.es <1 %
Fuente de Internet

52 dspace.utpl.edu.ec <1 %
Fuente de Internet

53 www.sostenibilidad.com <1 %
Fuente de Internet

54 Submitted to Universidad Privada Antenor

Orrego

Trabajo del estudiante

<1%

55

repositorio.upla.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

56

edoc.pub

Fuente de Internet

<1%

57

www.ms.uky.edu

Fuente de Internet

<1%

58

www.taringa.net

Fuente de Internet

<1%

59

www.asefma.es

Fuente de Internet

<1%

60

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

61

core.ac.uk

Fuente de Internet

<1%

62

dspace.unach.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

63

libres.uncg.edu

Fuente de Internet

<1%

64

www.amaac.org.mx

Fuente de Internet

<1%

65

cdigital.uv.mx

Fuente de Internet

<1%

66	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	<1%
67	cip.org.pe Fuente de Internet	<1%
68	calintesis.blogspot.com Fuente de Internet	<1%
69	Submitted to Universidad EAFIT Trabajo del estudiante	<1%
70	www.cira-unan.edu.ni Fuente de Internet	<1%
71	repositorio.unica.edu.pe Fuente de Internet	<1%
72	www.presbiteriopeninsular.org.mx Fuente de Internet	<1%
73	R Díaz, T Echaveguren, S Vargas-Tejeda. "Camiones de alto tonelaje y su impacto en ciclo de vida de pavimentos asfálticos", Revista de la construcción, 2012 Publicación	<1%
74	loqueestudiajulia.blogspot.com Fuente de Internet	<1%
75	Gabriel Antonio Navarrete Schettini. "Diseño de mezclas asfálticas integrando residuos sólidos de la industria automovilística (elastómero) y de	<1%

vías (pavimento asfáltico envejecido) en Manabí, Ecuador", Industrial Data, 2019

Publicación

76	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	<1%
77	www.astrosen.unam.mx Fuente de Internet	<1%
78	Submitted to Universidad Senor de Sipan Trabajo del estudiante	<1%
79	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	<1%
80	docs.seace.gob.pe Fuente de Internet	<1%
81	www.osinfor.gob.pe Fuente de Internet	<1%
82	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1%
83	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 15 words

Excluir bibliografía

Activo