

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“COMPARACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL
PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RÍGIDO EN LA CARRETERA
CUÑUMBUQUI - ESTERO, PROVINCIA DE LAMAS, REGIÓN
SAN MARTÍN”**

TESIS

**PRESENTADA PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE:**

INGENIERO CIVIL

POR:

**BACHILLER : RICARDO MARTÍN LAYZA MENDIOLA
ASESOR : JORGE ISAACS RIOJA DIAZ**

TARAPOTO - PERÚ

2013

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“COMPARACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL
PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO EN LA
CARRETERA CUÑUMBUQUI- ESTERO, PROVINCIA DE
LAMAS, REGION SAN MARTIN”**

TESIS

PRESENTADA PARA OPTAR EL TÍTULO

PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

POR:

Bach. RICARDO MARTÍN LAYZA MENDIOLA

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL HONORABLE JURADO:

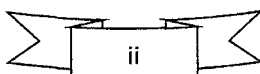
Presidente: Ing. Mg. LUIS ALBERTO PAREDES ROJAS

Secretario: Ing. MÁXIMO ALCIBIADES VILCA COTRINA

Miembro: Ing. GILBERTO ALIAGA ATALAYA

Asesor: Ing. JORGE ISAACS RIOJA DÍAZ

TARAPOTO 2013



DEDICATORIA

- A Dios** Por darme fuerzas y guiarme en el camino para alcanzar mi meta.
- A Mi madre** Anita Ruth Mendiola Céspedes, por su inmenso amor incondicional, palabras de aliento y por estar siempre a mi lado.
- A Mi padre** Ricardo Raúl Layza Castañeda, por demostrarme que los valores morales son los que definen al ser humano y por toda la confianza depositada en mí.
- A Mis hermanos** Anita y Gianmarco, quienes siempre me vieron como alguien especial, por el apoyo incondicional, el empuje que me motiva a ser mejor cada día.
- A Mis Compañeros** Heleny del Carmen Chávez Ramírez, Kely Flores Pinedo, Renzo Renato Flores Arévalo, por ser grandes apoyos en los momentos que necesitaba una mano amiga, los que me enseñaron y demostraron que aún existen personas en el mundo que apoyan a los demás sin esperar nada a cambio.

Ricardo Martín Layza Mendiola

AGRADECIMIENTO

Mi Facultad

Quiero expresar mi agradecimiento a los Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil que hicieron posible mi formación profesional.

IVP-Lamas

Al Instituto Vial Provincial de Lamas (IVP-LAMAS), por brindarme el apoyo técnico necesario para poder realizar el presente estudio de investigación.

Mis amigos

David Rengifo, Max Arévalo, Cesar Altamirano, Ruth Zuzunaga, Juan Carlos Díaz, Chachita Reátegui y Pedro Moreno, por compartir conmigo sus conocimientos y experiencias.

En especial

Sara del Carmen García Arce, por enseñarme que la perseverancia y el esfuerzo son dos complementos que nos llevan al éxito. Nunca es tarde para demostrar de lo que somos capaces si no explotamos nuestro potencial genético.

EL AUTOR.

**COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
CON EL RIGIDO EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO, PROVINCIA DE
LAMAS, REGIÓN SAN MARTÍN**

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula	i
Aprobación de Textos	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Índice	v
Índice de Tablas	xiv
Índice de Cuadros	xv
Índice de Figuras	xv
Índice de Gráficos	xvi
Índice de Planos	xvi
Resumen	xvii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Exploración preliminar orientando la Investigación.....	1
1.3 Aspectos Generales del Estudio.....	3
1.3.1 Ubicación.....	3
1.3.2 Características Climáticas y Topográficas.....	4
1.3.2.1 Límites.....	4
1.3.3 Situación actual de la Vía.....	4
1.3.4 Vías de Acceso.....	5
II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Antecedentes, Planteamiento, Delimitación y Formulación del Problema a Resolver.....	6

2.1.1	Antecedentes del Problema.....	6
2.1.2	Planteamiento del Problema.....	6
2.1.3	Delimitación del problema a resolver.....	6
2.1.4	Formulación del Problema a Resolver.....	7
2.2	Objetivos.....	7
2.2.1	Objetivo General.....	7
2.2.2	Objetivos Específicos.....	7
2.3	Justificación de la Investigación.....	7
2.4	Delimitación de la Investigación.....	8
2.4.1	Alcances.....	8
2.4.2	Limitaciones.....	8
2.5	Marco Teórico.....	9
2.5.1	Antecedentes de la Investigación.....	9
2.5.2	Fundamentación Teórica de la Investigación.....	10
2.5.2.1	Definición de Pavimento.....	10
2.5.2.2	Estructura del Pavimento.....	10
2.5.2.3	Tipos de Pavimentos.....	12
2.5.2.3.1	Pavimento Flexible:.....	12
2.5.2.3.1.1	Función del Pavimento Flexible.....	12
2.5.2.3.1.2	Funciones de las distintas capas de un Pavimento Flexible.....	13
2.5.2.3.1.2.1	Sub base.....	13
2.5.2.3.1.2.2	Base.....	14
2.5.2.3.1.2.3	Capa de rodadura:.....	15
2.5.2.3.1.2.3.1	Mezcla asfáltica en frío:.....	16
2.5.2.3.1.2.3.2	Mezcla asfáltica en caliente:.....	16
2.5.2.3.2	Pavimento Rígido:.....	16

2.5.2.3.2.1	Funciones de las Distintas Capas de un Pavimento Rígido.....	18
2.5.2.3.2.1.1	Sub base.....	18
2.5.2.3.2.1.2	Base.....	18
2.5.2.3.2.1.3	Capa de rodadura.....	19
2.5.2.3.2.1.3.1	Concreto hidráulico simple.....	19
2.5.2.3.2.1.3.2	Concreto hidráulico reforzado.....	19
2.5.2.3.2.1.3.3	Concreto hidráulico reforzado continuo.....	20
2.5.2.4	Diseño de Pavimentos.....	20
2.5.2.4.1	Diseño de pavimentos flexibles.....	20
2.5.2.4.1.1	Método de AASHTO.....	20
2.5.2.4.1.1.1	Variables a considerar.....	21
A)	Variables en función del tiempo.....	21
B)	Variables en función del tránsito.....	22
C)	Confiabilidad (%R).....	22
D)	Coefficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Z_r).....	23
E)	Desviación Estándar Combinada (S_o).....	24
F)	Sub rasantes expansivas.....	24
2.5.2.4.1.1.2	Criterios para determinar la serviciabilidad.....	24
2.5.2.4.1.1.3	Propiedades de los materiales.....	25
2.5.2.4.1.1.4	Drenajes.....	25
2.5.2.4.1.1.5	Determinación de espesores.....	25
2.5.2.4.1.1.6	Determinación del número estructural requerido.....	25
2.5.2.4.1.1.7	Estabilidad y factibilidad de la construcción.....	26
2.5.2.4.1.2	Método del Instituto de Asfalto.....	27
2.5.2.4.1.2.1	Estimación del tránsito.....	28
2.5.2.4.1.2.2	Materiales.....	30

2.5.2.4.1.2.3	Espesores de diseño	32
2.5.2.4.1.3	Fallas en Pavimentos Flexibles	33
2.5.2.4.2	Diseño de pavimentos rígidos	35
2.5.2.4.2.1	Método de AASHTO.	36
2.5.2.4.2.1.1	Variables a considerar	37
A)	Ejes simples equivalentes de 82 kN lo largo del período de diseño	37
i.	Conforme el número de carriles en ambas direcciones	37
ii.	Conforme el número de carriles en cada dirección	38
B)	Desviación normal estándar Z_r	38
C)	Error estándar combinado S_o	39
D)	Variación del Índice de Serviciabilidad " ΔPSI "	40
E)	Coefficiente de drenaje " c_d "	41
F)	Coefficiente de transmisión de carga (J)	42
G)	Módulo de Elasticidad del concreto " E_c "	43
H)	Factor de pérdida de soporte L_s	44
I)	Módulo de Reacción k	45
2.5.2.4.2.2	Método PCA (<i>Portland Cement Association</i>)	45
2.5.2.4.2.2.1	Elementos básicos	46
2.5.2.4.2.2.2	Factores de diseño	48
2.5.2.4.2.2.2.1	Resistencia a la flexión del concreto (módulo de rotura, MR)	48
2.5.2.4.2.2.2.2	Capacidad Soporte de la Sub Rasante o de la Sub Base (k)	48
2.5.2.4.2.2.2.3	Período de diseño	49
2.5.2.4.2.2.2.4	Tráfico y Cargas de Diseño	50
2.5.2.4.2.2.2.5	Factor de seguridad de carga	51
2.5.2.4.2.2.2.6	Diseño de espesores	52
2.5.2.4.2.2.2.7	Diseño de juntas	52

2.5.2.4.2.2.2.7.1 Acero en las Juntas (Barras y Dowels).....	53
2.5.2.4.2.2.2.7.2 Selladores de juntas	54
2.5.2.5 Mantenimiento para el Pavimento Rígido	55
2.5.2.5.1 Reparaciones de profundidad parcial:.....	55
2.5.2.5.2 Reparaciones de profundidad total	56
2.5.2.5.3 Fallas en Pavimentos Rígidos	56
2.5.3 Terminología Básica	58
2.5.3.1 Afirmado.....	58
2.5.3.2 Berma.....	58
2.5.3.3 Bombeo.....	58
2.5.3.4 BM.....	58
2.5.3.5 Calzada.....	58
2.5.3.6 Camino.....	58
2.5.3.7 Carretera.....	59
2.5.3.8 Carretera Pavimentada.	59
2.5.3.9 Carretera no Pavimentada.	59
2.5.3.10 Carril.	59
2.5.3.11 Curva de Transición.	59
2.5.3.12 Curva Vertical.....	59
2.5.3.13 Derecho de Vía.	59
2.5.3.14 Despeje Lateral.	59
2.5.3.15 Diseño Geométrico.	60
2.5.3.16 Drenaje.....	60
2.5.3.17 Eje.....	60
2.5.3.18 Escorrentía.....	60
2.5.3.19 Explanación.....	60

2.5.3.20	Hidrología.....	60
2.5.3.21	Índice Medio Diario (IMD).....	60
2.5.3.22	Índice Medio Diario Anual (IMDA).....	60
2.5.3.23	Impacto Ambiental.....	61
2.5.3.24	Línea de Gradiente.....	61
2.5.3.25	Pavimento.....	61
2.5.3.26	Pendiente.....	61
2.5.3.27	Peralte.....	61
2.5.3.28	Plataforma.....	61
2.5.3.29	Ramal.....	61
2.5.3.30	Rasante.....	61
2.5.3.31	Sección Transversal.....	61
2.5.3.32	Señalización Vial.....	62
2.5.3.33	Subrasante.....	62
2.5.3.34	Terraplén.....	62
2.5.3.35	Tramo.....	62
2.5.3.36	Tránsito.....	62
2.5.3.37	Velocidad Directriz o de Diseño.....	62
2.5.4	Marco Histórico.....	63
2.6	Hipótesis.....	63
III.	MATERIALES Y METODOS.....	64
3.1	Materiales.....	64
3.1.1	Recursos Humanos.....	64
3.1.1.1	Estudio topográfico:.....	64
3.1.1.2	Trabajo de gabinete.....	64
3.1.1.3	Estudio de suelos.....	64

3.1.2	Recursos Materiales.....	64
3.1.2.1	Equipo de oficina:.....	64
3.1.2.2	Equipo de campo:	65
3.1.3	Recursos de Equipos.....	65
3.1.4	Recursos Económicos.....	65
3.1.5	Recursos Tecnológicos.....	65
3.2	Metodología.....	65
3.2.1	Universo, Muestra, Población.....	65
3.2.2	Sistemas de Variables.....	66
3.2.2.1	Variable Independiente.....	66
3.2.2.2	Variable Dependiente.....	66
3.2.3	Diseño de la Investigación.....	66
3.2.4	Diseño de Instrumentos.....	66
3.2.5	Procesamiento de Información.....	67
IV.	RESULTADOS.....	68
4.1	Ensayos de Laboratorio.....	68
4.1.1	Exploración de Suelos y Obtención de Muestras	68
4.1.1.1	Trabajos Realizados	68
4.1.1.1.1	Reconocimiento del Terreno	68
4.1.1.1.2	Excavación de Calicatas a lo largo de la carretera	68
4.1.1.1.3	Descripción de los Perfiles Estratigráficos	73
4.2	Diseños Preliminares.....	76
4.2.1	Pavimento Flexible.....	76
4.2.2	Pavimento Rígido.....	77
4.3	Resultados de la Comparación Cualitativa.....	78
4.3.1	Comparación de Cualidades de ambos Pavimentos.....	78

4.4	Resultados de la Comparación Cuantitativa	79
4.4.1	Estudio de Tráfico Vehicular y cálculo de ejes equivalentes para cada tipo de pavimento.	79
4.4.2	Mantenimiento Vial.	86
4.4.2.1	Mantenimiento de Pavimento Flexible	86
4.4.2.2	Mantenimiento de Pavimento Rígido	86
4.4.3	Resultados del Estudio Económico.	87
V.	ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.	89
5.1	De la Comparación Cualitativa.	89
5.2	De la Comparación Cuantitativa.	90
5.3	Selección de Alternativas.	90
5.4	Contrastación de Hipótesis.	90
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	91
6.1	Conclusiones.	91
6.2	Recomendaciones.	91
VII.	BIBLIOGRAFÍA.	93
VIII.	ANEXOS	95
	ANEXO N° 1: MANUAL DE CARRETERAS 2013- SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS	96
	ANEXO N° 2: MANUAL CENTROAMERICANO PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS	125
	ANEXO N° 3: ENSAYOS DE LABORATORIO	133
	3.1 SUB BASE	134
	3.2 BASE	147
	3.3 DISEÑO PARA CAPA DE SUPERFICIE DE CONCRETO ASFÁLTICO	162
	3.4 DISEÑO DE MEZCLA F'C=210 KG/CM2	182
	ANEXO N° 4: DISEÑOS DE PAVIMENTOS	187

4.1 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE	188
4.2 DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO	214
ANEXO N° 5: PRESUPUESTO DE PAVIMENTACIÓN	236
5.1 PRESUPUESTO PAVIMENTO FLEXIBLE	237
5.1.1 METRADOS	238
5.1.2 PRESUPUESTO	260
5.1.3 RELACIÓN DE INSUMOS.....	262
5.1.4 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS.....	265
5.1.5 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE SUB PARTIDAS.....	273
5.2 PRESUPUESTO PAVIMENTO RIGIDO.....	279
5.2.1 METRADOS PAVIMENTO RÍGIDO	280
5.2.2 PRESUPUESTO	290
5.2.3 RELACIÓN DE INSUMOS.....	292
5.2.4 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS.....	294
5.2.5 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE SUB PARTIDAS.....	300
ANEXO N° 6: GLOSARIO DE PARTIDAS, APLICABLES A OBRAS DE REHABILITACIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS ...	305
ANEXO N° 7: PESOS Y MEDIDAS MÁXIMAS PERMITIDAS	313
ANEXO N° 8: PLANOS	315

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: vías de acceso al Tramo en Estudio.....	5
Tabla N° 02: Selección del tipo de cemento asfáltico.....	16
Tabla N° 03: Periodos de Diseño	22
Tabla N° 04: Valores Recomendados de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico	23
Tabla N° 05: Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr)	23
Tabla N° 06: Espesores mínimos sugeridos	27
Tabla N° 07: Factor de Distribución por Carril	29
Tabla N° 08: Normas AASHTO y ASTM	31
Tabla N° 09: Grados de Asfalto de acuerdo al Tipo de Clima	32
Tabla N° 10: Espesores mínimos de Capas Asfálticas sobre Bases.....	32
Tabla N° 11: Tipos, manifestaciones y causas de Fallas en Pavimentos Flexibles.....	34
Tabla N° 12: Principales factores que afectan a los tres tipos básicos de Fallas de un Pavimento Flexible	35
Tabla N° 13: Porcentaje de Camiones en el carril de Diseño.....	38
Tabla N° 14: Número de Carriles en una Dirección.....	38
Tabla N° 15: Valores de Zr en función de la Confiabilidad R	39
Tabla N° 16: Niveles de Confiabilidad R en función del Tipo de Carretera	40
Tabla N° 17: Confiabilidad y factores de Seguridad Recomendados	40
Tabla N° 18: Calidad del Drenaje	41
Tabla N° 19: Valores de coeficiente de Drenaje "Cd".....	42
Tabla N° 20: Valores de coeficiente de Transmisión de carga (J).....	42
Tabla N° 21: Correlación entre la Resistencia a la Compresión y el Módulo de Elasticidad "Ec"	43
Tabla N° 22: Valores del factor de pérdida de soporte Ls por el tipo de Sub Base O Base	44
Tabla N° 23: Efectos de la Sub Base Granular sobre los valores de K.....	49
Tabla N° 24: Tasas anuales de crecimiento con sus correspondientes Factores de Proyección.....	50
Tabla N° 25: Diámetros y Longitudes recomendadas en Pasa juntas.....	54
Tabla N° 26: Materiales más comunes para el Sellado de Juntas	55

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°01: Resultados de Estudios de Suelos Km. 0+500 al Km. 1+500.....	69
Cuadro N° 02: Resultados de Estudios de Suelos Km. 2+000 al Km. 3+000.....	70
Cuadro N° 03: Resultados de Estudios de Suelos Km. 3+500 al Km. 4+500.....	71
Cuadro N° 04: Resultados de estudios de Suelos Km. 5+000 al Km. 5+500	72
Cuadro N°05: Descripción de Perfiles Estratigráficos	73
Cuadro N° 06: Espesores finales de pavimento Flexible.....	76
Cuadro N° 07: Espesores finales de pavimento Rígido.....	77
Cuadro N° 08: Comparación cualitativa entre pavimento flexible y rígido	78
Cuadro N° 09: Relación de Cargas por eje para determinar los Ejes Equivalentes (EE) para afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos y Rígidos	79
Cuadro N° 10: Cálculo de factores de equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión C2-Pavimento Flexible	80
Cuadro N° 11: Cálculo de factores de equivalencia por eje y factor Vehículo Camión C3-Pavimento Flexible	81
Cuadro N° 12: Cálculo de factores de equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión C2-Pavimento Rígido	82
Cuadro N° 13: Cálculo de factores de equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión C3-Pavimento Rígido	83
Cuadro N° 14: Cálculo de Ejes Equivalentes para Pavimento Flexible y Rígido	84
Cuadro N° 15: Costo de Mantenimiento Pavimento Flexible.....	86
Cuadro N° 16: Costo de Mantenimiento Pavimento Rígido.....	86
Cuadro N° 17: Proyección de Costos Acumulados	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Ubicación del Proyecto.....	3
Figura N° 02: Estructura típica de un Pavimento (Flexible y Rígido).....	11
Figura N° 03: Porcentaje de Camiones en el Carril de Diseño en una Carretera de varios Carriles	51
Figura N° 04: Detalle típico de DOWEL	54

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01: Resumen de espesores de diseño de pavimento Flexible.....	76
Gráfico N° 02: Resumen de espesores de Diseño de Pavimento Rígido.....	77
Gráfico N° 03: Comparación Cuantitativa entre Pavimento Flexible y Rígido	88

ÍNDICE DE PLANOS

Plano de Canteras y Fuentes de Agua.....	PC-01
Plano de Canteras.....	PC-02
Plano Planta y Perfil: Km 0+000 al Km 1+000.....	PP-01
Plano Planta y Perfil: Km 1+000 al Km 2+000.....	PP-02
Plano Planta y Perfil: Km 2+000 al Km 3+000.....	PP-03
Plano Planta y Perfil: Km 3+000 al Km 4 + 000	PP-04
Plano Planta y Perfil: Km 4+000 al Km 5 + 000.....	PP-05
Plano Planta y Perfil: Km 5+000 al Km 5 + 490.74.....	PP-06
Plano Secciones Transversales: Km 0+000 al Km 1+000.....	ST-01
Plano Secciones Transversales: Km 1+000 al Km 2+000.....	ST-02
Plano Secciones Transversales: Km 2+000 al Km 3+000.....	ST-03
Plano Secciones Transversales: Km 3+000 al Km 4+000.....	ST-04
Plano Secciones Transversales: Km 4+000 al Km 5+000.....	ST-05
Plano Secciones Transversales: Km 5+000 al Km 5+490.74.....	ST-06

RESUMEN

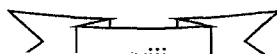
El presente trabajo de tesis se ha desarrollado en la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con fines de titulación como Ingeniero Civil, teniendo como punto de trabajo el tramo carretero Cuñumbuqui – Estero en la provincia de Lamas, Región San Martín.

La investigación se desarrolló con fines de establecer una comparación cualitativa y cuantitativa entre el empleo del pavimento rígido y pavimento flexible, toda vez que debe optarse por una solución técnica, económica y viable para definir el pavimento de este camino que requiere atención urgente para estar en condiciones de transitabilidad, participando activamente en la solución de la problemática vial existente en el sector rural de la provincia de Lamas; la situación actual de los caminos vecinales es que tiene problemas de transitabilidad, generando que los costos del transporte de los productos del campo a la ciudad sean altos, por lo que la economía de los agricultores se ve afectada y por ende la calidad de vida de los mismos; es más, una carretera en mal estado, origina demoras e incomodidad en el desplazamiento del campo a la ciudad y viceversa, encontrándonos de que si bien es cierto se sacan los productos del campo a la ciudad, también es cierto que el agricultor tiene que regresar al campo llevando los productos para la subsistencia, así como los requeridos para su agricultura. De manera que se ha participado en la formulación del proyecto en mención para lograr un camino vecinal pavimentado.

Para desarrollar este trabajo se ha tenido que aplicar todos los conceptos básicos requeridos en el Área de Transportes, para el pavimento de una carretera, como son los datos de estudios de suelos, registros de tráfico y características de los materiales a utilizar, diseñando los espesores utilizando las ecuaciones AASHTO propuestas por el Manual Centroamericano para el diseño de pavimentos; habiéndose analizado con énfasis el punto de vista económico tanto el pavimento rígido como el flexible.

Como logros o resultados podemos indicar que se ha obtenido que el pavimento rígido es el más económico, consecuencia de que nos muestra su mejor desempeño considerando los factores tanto técnico como económico. Como concedores del mal estado en el que se encuentra actualmente la carretera en estudio, y conscientes de nuestra responsabilidad social como parte integrante de la Universidad Nacional de San Martín, estamos contribuyendo a solucionar esta problemática, planteando una alternativa de solución en el mejoramiento de la mencionada vía de comunicación, con lo cual se estará beneficiando a las comunidades usuarias de la misma, remarcando que este proyecto es de vital importancia por ser una zona netamente agrícola. De esta manera se contribuye al desarrollo económico y social de los caseríos beneficiados, pues se incrementa el nivel de vida de su población, contribuyendo así al desarrollo de nuestra Patria, además de conseguir que nuestros conocimientos sean puestos en práctica y desarrollar nuestro sentido profesional de la carrera.

EL AUTOR.



I. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades.

A nivel internacional se utilizan técnicas de pavimento rígido y flexible, se hace por tanto necesario determinar, basándose en la experiencia adquirida en otros países que utilizan ambas técnicas, en qué circunstancias un pavimento rígido o flexible tiende a ser más competitivo y puede por tanto considerarse su utilización bien a nivel de una estrategia global a largo plazo o bien a nivel de un proyecto específico en un área focalizada.

El objetivo de la tesis es examinar las circunstancias favorables para la utilización de pavimento flexible o rígido tanto en el plano técnico como el económico, de forma que pueden evaluarse de forma cuantitativa en cada caso particular.

En el presente trabajo de investigación se presentan dos tipos de pavimentos aplicados a la construcción de carreteras; teniéndose por un lado, el pavimento a base de asfalto conocido también como pavimento flexible, y el pavimento construido con concreto hidráulico, llamado también pavimento rígido.

1.2 Exploración preliminar orientando la Investigación.

La carretera en estudio es una de las vías de comunicación de la región San Martín que interconecta a la localidad de Cuñumbuqui con el Centro Productor del Centro Poblado de Estero, y con los principales mercados donde pueden vender sus productos y realizar la adquisición de bienes y servicios para su desarrollo sostenido. Los pueblos que se ubican a lo largo de este tramo de carretera, se dedican básicamente a la producción de café y maíz para la venta, además de la ganadería y producción doméstica de plátano, yuca, y frutas diversas (MINAG, 2012).

Por el tiempo transcurrido con poco mantenimiento periódico y sin rehabilitación, y debido a factores de tipo climático, en la actualidad este camino presenta serios problemas de transitabilidad, la superficie de rodadura se encuentra deteriorada y no existe material de afirmado en la plataforma, la sección de la vía ha perdido su forma geométrica inicial, presentando actualmente formas encalaminadas a lo largo de la

vía; esto no permite que exista un buen drenaje y ocasiona un deterioro acelerado de la vía. El estado del camino obliga a una marcha lenta y riesgosa de los vehículos.

En la actualidad, nuestro país busca un desarrollo integral mediante la buena calidad de la vía y un eficaz nivel de servicio y seguridad (a menores costos de mantenimiento y menor tiempo de transporte). Esto es una necesidad de las poblaciones circundantes, mantener una carretera en buenas condiciones, así que, uno de los elementos fundamentales y determinantes en el desarrollo de una región, es sin duda el Sistema Vial, más aún, si esta sirve para unir comunidades agrícolas, las mismas que de no contar con una carretera en buenas condiciones, tendrán muchas dificultades para transportar sus productos hacia los mercados de consumo y esto originará que los campesinos siembren en menor escala, limitándose a producir solo para el consumo local, lo que hace que esto genere más pobreza.

Por lo tanto, una carretera en buenas condiciones mejoraría la calidad de vida de la población y propiciaría el desarrollo para su región, garantizando así, seguridad a los inversionistas privados a fin de facilitar las condiciones de inversión en todas las áreas del desarrollo económico, y por tanto de la región San Martín que no está ajena a esta realidad, por lo que resulta necesario e imprescindible, estar acorde a la dinámica activa de desarrollo a fin de no quedarnos marginados social, cultural y económicamente, y siempre estar en consonancia con los cambios estructurales que sufre el país.

En tal sentido, las vías de comunicación terrestre constituyen uno de los factores más importantes que influyen en el desarrollo de la comunidad y por ende del país, por tal motivo un proyecto de carreteras debe elaborarse siempre enfocando dicho objetivo, más allá del puro aspecto ingenieril.

El planteamiento de la presente tesis es realizar la comparación cuantitativa y cualitativa de un pavimento asfáltico respecto al de concreto hidráulico en la rehabilitación del camino vecinal Cuñumbuqui - Estero del Km. 00+000 al Km. 5+490.

1.3 Aspectos Generales del Estudio.

1.3.1 Ubicación.

La zona en estudio se encuentra en el distrito de Cuñumbuqui; éste es un territorio que está constituido principalmente por terrenos agrícolas y zonas de bosques y purmas; los agricultores propietarios de estos terrenos habitan en las localidades de **Cuñumbuqui y Estero.**

Se encuentra localizada en:

Latitud Sur	:	06°30'00"
Longitud oeste	:	76°22'50"
Departamento	:	San Martín
Provincia	:	Lamas
Distrito	:	Cuñumbuqui
Localidades	:	Cuñumbuqui- Estero
Región Geográfica	:	Rupa Rupa
Altitud Promedio	:	240 m.s.n.m.



Fuente: PVPP-Lamas

Figura N° 01: Ubicación del Proyecto

1.3.2 Características Climáticas y Topográficas.

La zona de estudio está ubicada a una altitud promedio de 240 m.s.n.m, y presenta un clima de temperatura promedio de 24 °C a 26 °C, cuyos valores mínimos pueden disminuir hasta 18 °C a 20 °C, con humedad relativa superior a 75%. La precipitación promedio anual registrada acumula una lámina de 1,213 mm; registrándose precipitaciones intensas en la época de invierno, de Noviembre a Abril (SENAMHI, 2012).

Los suelos de esta zona son predominantemente arcilla inorgánica y arcilla limosa en determinadas zonas del trazo, determinado por el estudio de suelos realizado con 10 calicatas, además de contar con canteras de material granular del río Mayo y material ligante (material de cerro). (Estudio de Suelos, 2012)

1.3.2.1 Límites.

La zona de estudio se ubica en el Distrito de Cuñumbuqui, Provincia de Lamas, del departamento de San Martín; el distrito de Cuñumbuqui tiene una extensión territorial de 191.46 km², según INEI y limita con los distritos siguientes:

- Por el Norte: Distrito de Cacatachi.
- Por el Sur: Provincia de Picota.
- Por el Este: Provincia de San Martín.
- Por el Oeste: Distrito de Zapatero.

1.3.3 Situación actual de la Vía.

El camino vecinal Cuñumbuqui - Estero, tiene una longitud de 5+490 Km, Como resultado de la evaluación técnica realizada en la zona de estudio, se ha determinado que gran parte del tramo se encuentra en mal estado, por el deterioro que presenta la capa de afirmado de la vía.

El espesor de afirmado con que actualmente cuenta la plataforma de la carretera está por debajo de las 4", y la plataforma tiene un ancho promedio de 4.00 m.

1.3.4 Vías de Acceso.

La principal vía de acceso a la localidad de Cuñumbuqui es la carretera Fernando Belaúnde Terry (ex Marginal de la Selva) – carretera de categoría nacional asfaltada; que conecta el distrito indicado hacia la zona a la ciudad hacia la zona norte y sur del departamento y del país. A continuación se detallan las rutas para llegar a la zona del lugar de interés.

El acceso a la localidad de Cuñumbuqui se realiza a través de 02 rutas: desde la ciudad de Tarapoto, luego de recorrer unos 20 minutos; y desde la ciudad de Lamas.

Tabla N° 01: vías de acceso al Tramo en Estudio						
Recorrido	Tramo	Acceso	Medio de transporte	Vía de acceso	Distancia en Km.	Tiempo utilizado
1	Tarapoto – Troncal	Terrestre	Automóvil Particular	Asfaltado	12 Km	15 Minutos
2	Troncal- Cuñumbuqui	Terrestre	Automóvil Particular	Afirmada	5 Km	10 Minutos

Fuente: Elaboración Propia. Basado en SIECA (2002)¹

¹ SIECA. Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, Cap. 3 pág. 1

II. MARCO TEÓRICO.

2.1 Antecedentes, Planteamiento, Delimitación y Formulación del Problema a Resolver.

2.1.1 Antecedentes del Problema.

Esta vía presenta una serie de deficiencias, como: plataforma de rodadura de tierra, un sistema de drenaje inadecuado, diseño geométrico inadecuado (ancho de calzada angosta, cunetas colmatadas, falta de plazoletas de paso), esto en la ruta Cuñumbuqui – Estero. Asimismo se puede apreciar el escaso mantenimiento vial rutinario.

La vía en estudio conduce a localidades importantes. Sin embargo, el mal estado de la vía, debido al escaso mantenimiento, sumado a las constantes lluvias, ha generado que ésta en la actualidad se encuentre intransitable. La necesidad de contar con una vía, que permita el traslado de sus productos hacia los diversos mercados de la zona, la falta de atención de los diversos servicios básicos, ha motivado que la población de la localidad de Estero, de manera permanente gestione ante las diversas entidades del estado para la elaboración de un proyecto que permita la rehabilitación de la vía.

2.1.2 Planteamiento del Problema.

Mediante la elaboración de esta tesis se busca que la población de las localidades de Cuñumbuqui y Estero de la Provincia de Lamas, Región San Martín, tengan una vía transitable que las integren con otros pueblos y mercados para comercializar sus productos y mejorar su calidad de vida, razón por la cual es necesario efectuar el Diseño de Pavimento buscando como mejor alternativa entre el Pavimento Flexible o Rígido.

2.1.3 Delimitación del problema a resolver.

En el presente estudio del proyecto de la Carretera Cuñumbuqui – Estero de la Provincia de Lamas, Región San Martín se limita a encontrar una solución técnica económica entre la opción del Pavimento Flexible o Rígido, para solucionar el problema de transitabilidad y los altos costos que generan las condiciones de esta vía.

2.1.4 Formulación del Problema a Resolver.

La pregunta de fondo que se formula es:

¿Cuál es el tipo de pavimento óptimo a utilizar para mejorar la viabilidad en la carretera Cuñumbuqui- Estero de la Provincia de Lamas, Región San Martín?

2.2 Objetivos.

2.2.1 Objetivo General.

Encontrar el tipo de pavimento más conveniente en el aspecto técnico y económico en la carretera Cuñumbuqui- Estero de la Provincia de Lamas, Región San Martín.

2.2.2 Objetivos Específicos.

1. Ejecutar un análisis técnico cualitativo y cuantitativo tanto para pavimentos rígidos como flexibles en la carretera Cuñumbuqui- Estero de la Provincia de Lamas, Región San Martín.
2. Analizar desde el punto de vista económico tanto para pavimentos rígidos como flexibles en la carretera Cuñumbuqui- Estero de la Provincia de Lamas, Región San Martín.
3. Encontrar el pavimento de mejor desempeño en cuanto a ambos factores, tanto el técnico como el económico, entre los pavimentos rígidos y flexibles en la carretera Cuñumbuqui- Estero de la Provincia de Lamas, Región San Martín.

2.3 Justificación de la Investigación.

La presente investigación se justifica por lo siguiente:

Servirá de guía en la ejecución de carreteras con cualquiera de las dos alternativas en estudio en la localidad de Cuñumbuqui-Estero, teniendo como parámetros los costos y la calidad de cada uno de los pavimentos con los que se va a estudiar; además contribuirá a integrar los pueblos y lograr el desarrollo socio – económico cumpliendo principalmente los siguientes roles:

Servicios a la Población.- Facilitando el acceso a los servicios sociales, culturales y centros de comercialización.

Apoyo al Proceso Productivo.- Articulando los principales centros de producción y posibilitando la comercialización interna y externa.

Integración Interna.- Interconectando los diferentes espacios socio-económicos, en base al establecimiento de la infraestructura vial, de forma de incorporar zonas de frontera económicas insuficientemente desarrolladas a la economía nacional.

2.4 Delimitación de la Investigación.

La presente investigación se limita a encontrar una solución técnica económica entre la opción del Pavimento Flexible o Rígido, en la carretera Cuñumbuqui- Estero de la Provincia de Lamas, Región San Martín, para solucionar problema de transitabilidad, y los altos costos que generan las condiciones de esta vía.

2.4.1 Alcances.

El desarrollo de la presente tesis pretende encontrar la solución óptima entre la opción de utilizar un Pavimento Flexible o Pavimento Rígido en la carretera Cuñumbuqui- Estero de la Provincia de Lamas, Región San Martín. Siendo los factores que influyen directa e indirectamente en la delimitación de la investigación, según SIECA (2002)²: el Índice de tránsito actual, la disponibilidad de información existente que permita elaborar los diseños de cada pavimento, la frecuencia a realizar los mantenimientos y el deterioro de cada tipo de pavimento a diseñar (esto nos limita a solo estimar valores de medición de desgaste y recuperación de la superficie de rodadura).

2.4.2 Limitaciones.

El presente trabajo de investigación de tesis se limita exclusivamente a encontrar la mejor opción técnica y económica entre la colocación de Pavimento Flexible o Rígido en la carretera Cuñumbuqui- Estero de la Provincia de Lamas, Región San Martín. No se cuenta con antecedentes de carreteras con pavimento rígido en la región, como medio comparativo.

² SIECA. Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, Cap. 3 pág. 2.

2.5 Marco Teórico.

2.5.1 Antecedentes de la Investigación.

CÉSPEDES ABANTO, José³, en su libro “Los Pavimentos en las Vías terrestres” (2002), desarrolló fundamentos para la elección y diseño de los Pavimentos.

OLIVERA BUSTAMANTE, Fernand⁴, en su libro denominado: “Estructuración de Vías Terrestres” (1996), detalla la práctica para la estructuración de vías terrestres y la pone al alcance de los profesionales, estudiantes y proyectistas; y encargados de la construcción de vías terrestres, vías férreas, calles; la misma que sirvió para elaborar el presente proyecto.

MOSQUERA MENDOZA, Erick Javier⁵, en su Tesis denominada: “Evaluación de las Canteras de la Provincia de San Martín para su utilización en Obras Civiles” (2011), presenta los estudios de las canteras de la provincia de San Martín, incluye ensayos y concluye que *“...los agregados que se encuentran en el curso del río Huallaga tienen un recorrido considerable, lo cual ayuda a la mejora del desgaste de los mismos, tomándolo en cuenta como única alternativa para su uso en obras viales o aquellas donde están sometidas a un desgaste permanente”*. Tal es el caso para los diseños de pavimentos, estando éstos sometidos al desgaste y abrasión.

IBÁÑEZ, Walter⁶, en su libro “Costos y Tiempo en Obras Viales”, desarrolló criterios a utilizar en el presente estudio sobre los costos del Pavimento Rígido o Flexible.

GRANDEZ VELA, Gardel⁷, en su Tesis denominada “Diseño Geométrico y Pavimento de la Carretera Tabalosos-Pinto Recodo”, concluyó que *“... el diseño de una carretera no es solamente diseñar las dimensiones de los diferentes componentes geométricos, sino que involucra el diseño del pavimento y el diseño del sistema de drenaje”*; sirviendo esto como una base fundamental para el

³ CÉSPEDES ABANTO, J. (2002). Los Pavimentos en las Vías Terrestres, Perú

⁴ OLIVERA BUSTAMANTE, F. (1996). Estructuración de Vías Terrestres.

⁵ MOSQUERA MENDOZA, E. (2011). Evaluación de las Canteras de la Provincia de San Martín para su utilización en Obras civiles, Perú

⁶ IBÁÑEZ, W. (2012). “Costos y Tiempo en Obras Viales”, 1era. Ed. ,Perú

⁷ GRANDEZ VELA, G. (2010). Diseño Geométrico y Pavimento de la Carretera Tabalosos-Pinto Recodo, Perú.

desarrollo de la presente tesis, trabajando solo con el diseño del pavimento de cada tipo.

TORRES ZIRIÓN, Rafael A.⁸, en su Tesis denominada “Análisis comparativo de costos entre el Pavimento Flexible y el Pavimento Rígido” concluyó que *“...Hablando en sentido constructivo, ambos pavimentos cumplen con todos los requisitos para brindar un buen servicio a través de su vida útil; tomando en consideración que la ejecución de ambos conlleva un estricto control de calidad que garantice durabilidad y buen funcionamiento. Siendo indispensable, para que esto se cumpla, un apropiado programa de mantenimiento que garantice su conservación”*.

2.5.2 Fundamentación Teórica de la Investigación.

2.5.2.1 Definición de Pavimento.

Según Paredes (2008)⁹, *“se llama pavimento a la Estructura de ingeniería vial destinada a proporcionar un adecuado elemento de soporte para el tránsito vehicular y peatonal.”*

2.5.2.2 Estructura del Pavimento.

Según Paredes (2008)¹⁰, *“El pavimento está formado por una o varias capas de material seleccionado que colocadas técnicamente sobre el terreno de fundación y con los espesores adecuados deben proporcionar la capacidad necesaria para soportar las cargas de tránsito y sus efectos abrasivos, así como los agentes climatológicos del medio”*.

⁸ TORRES ZIRIÓN, R. Análisis Comparativo de Costos entre el Pavimento Flexible y el Pavimento Rígido, Guatemala

⁹ PAREDES, Luis. Pavimentos, pág. 1

¹⁰ Ibid, Ob. Cit. Pág. 1.

Según el tipo que se presente se tiene la siguiente estructura:

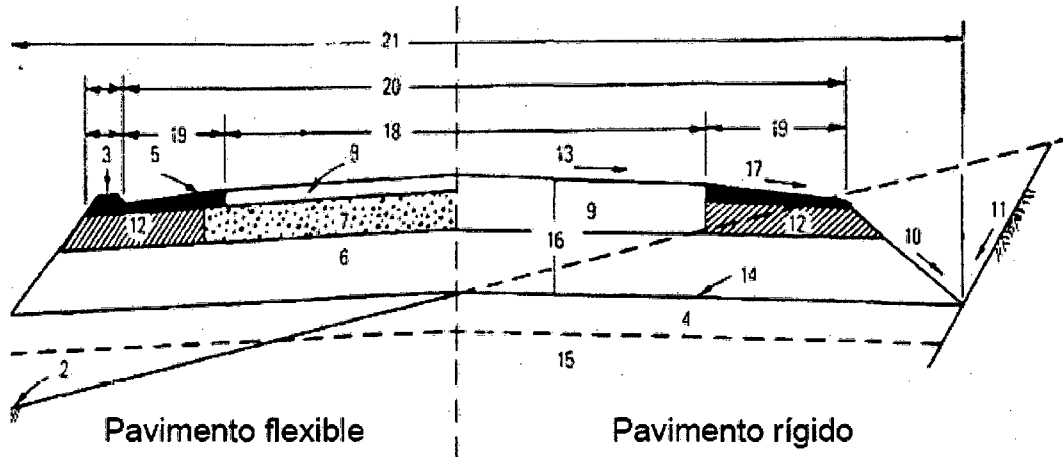


Figura N° 02: Estructura típica de un Pavimento (Flexible y Rígido)¹¹

En la Figura N°02 se tienen los siguientes elementos constitutivos, que conforman la sección de construcción de un camino:

1. Talud en terraplén
2. Nivel de la superficie natural de terreno
3. Bordillo
4. Capa subrasante
5. Material asfáltico en el acotamiento lateral
6. Subbase
7. Base granular
8. Carpeta asfáltica
9. Losa de concreto hidráulico
10. Cuneta de la sección en corte
11. Talud de la cuneta en la sección en corte
12. Material de base en el acotamiento
13. Bombeo de la corona
14. Nivel de la subrasante

¹¹ OLIVERA B., F. : Ob. Cit. Pág. 113

15. Nivel de las terracerías
16. Estructura del pavimento
17. Superficie asfáltica para el acotamiento
18. Carriles de circulación, ancho de calzada
19. Acotamientos
20. Ancho de corona
21. Ancho total del camino

2.5.2.3 Tipos de Pavimentos.

Existen dos tipos de pavimentos:

2.5.2.3.1 Pavimento Flexible:

Según Paredes (2008)¹², *“El pavimento flexible es una estructura compuesta de varias capas que permite una cierta flexibilidad debido a la naturaleza de su capa superficial. La transmisión de carga se hace en forma tronco cónica sobre el terreno de fundación con el que mantiene íntimo contacto.”*

Acota Paredes (2008)¹³, *“Los métodos de diseño del espesor de estos pavimentos son teóricos, semi-empíricos y empíricos. Los primeros se basan en distribución de tensiones, asientos originados, cargas de hundimiento, los últimos en consideraciones experimentales de clima, drenaje, sustitución del suelo, etc, y los semi-empíricos o semi-teóricos en una combinación de ambos factores. Nos referimos sólo a los dos últimos ya que los totalmente teóricos no son muy reales y por ello en la práctica son poco utilizados.”*

2.5.2.3.1.1 Función del Pavimento Flexible.

Según Olivera (1996)¹⁴, *“El pavimento debe ofrecer una superficie buena y resistente, con la rugosidad necesaria para garantizar buena fricción con las llantas del vehículo, además de tener el color adecuado para evitar reflejos y*

¹² PAREDES, Luis. Ob. Cit., pág. 4.

¹³ Ibid, Ob. Cit. pág. 4.

¹⁴ OLIVERA B., F.: Ob. Cit. Pág. 114

deslumbramientos. Además debe poseer la resistencia y características mecánicas apropiadas para soportar las cargas debidas al tránsito, sin provocar fallas ni deformaciones permanentes.”

Las características de resistencia y deformabilidad son necesarias para la distribución de esfuerzos, de modo que lleguen a la sub rasante a niveles tolerables que no produzcan fallas, asentamientos u otras deformaciones perjudiciales.

La base, en los pavimentos flexibles, estará formada por materiales fricciantes, cuya capacidad de carga es baja, debido a la falta de confinamiento, por lo que se requiere que sobre la base exista una capa de material cohesivo y resistente a la tensión, como lo es la capa asfáltica.

2.5.2.3.1.2 Funciones de las distintas capas de un Pavimento Flexible.

2.5.2.3.1.2.1 Sub base

“Según SIECA (2002)¹⁵, “Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura del pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la Subbase. La Subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimentos.”

Según Olivera (1996)¹⁶, “la función de la sub base, en un pavimento flexible, es puramente económica, buscando así obtener un espesor utilizando el material más barato posible. Podría construirse dicho espesor con materiales de alta calidad como en el caso de la base, pero usualmente se hace aquella más delgada y se sustituye en parte por la sub base que es de menor calidad, trayendo como resultado un aumento en el espesor total del pavimento, pues es un hecho que cuando menor es la calidad del material utilizado, mayor será el espesor necesario para soportar los esfuerzos transmitidos.

¹⁵ SIECA. Ob. Cit. Cap. 5 Pág. 3

¹⁶ Ibid. Pág. 115.

Así también lo son los cambios volumétricos asociados a los cambios de humedad. La sub base sirve también como drenaje para desalojar el agua que se infiltre en el pavimento y para impedir la ascensión capilar hacia la base de agua procedente de la terracería.

De las funciones mencionadas anteriormente, la estructural y la económica son las que más se proyectan en la construcción de pavimentos, el resto dependen de las circunstancias y de los materiales con los que se cuente para la sub base. Generalmente las dos cualidades que se buscan en el material de sub base son: la resistencia friccionante y la capacidad de drenaje; teniendo cada una, en su razón de ser, la importancia de su preferencia. La resistencia friccionante contribuirá a la resistencia en conjunto del pavimento, garantizando buen comportamiento en cuanto a deformabilidad se refiere, como resultado de una buena compactación. La capacidad de drenaje, igualmente importante, es necesaria debido a la doble función que realiza tanto con el agua que se infiltra de la superficie, como la que asciende por capilaridad.”

Según Moncayo (1985)¹⁷, “La capa subbase, en los pavimentos flexibles, tiene como principal función abaratar el costo del pavimento. Si el espesor de la base es de más de 20 cm., conviene sustituir parte de ese espesor con un material de menor calidad, que abunde localmente.”

2.5.2.3.1.2.2 Base

Según SIECA (2002)¹⁸, “*Es la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la subbase y a través de ésta a la subrasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura. Las bases especificadas son las siguientes: Base granular y Base estabilizada*”.

Según Olivera (1996)¹⁹, “*Su función primordial es la de proporcionar un elemento resistente que transmita los esfuerzos producidos por el tránsito,*

¹⁷ MONCAYO V. J., Ob. Cit., Pág. 32.

¹⁸ SIECA, Ob. Cit., Cap. 5, Pág. 20.

¹⁹ OLIVERA B., F.: Ob. Cit. Pág. 117.

hacia la sub base y sub rasante, en una intensidad adecuada. Ésta también reduce el espesor de la carpeta más costosa. Muchas veces la base también debe trabajar como la sub base, respecto a la doble función de drenaje mencionada anteriormente.”

Según Moncayo (1985)²⁰, *“En pavimentos flexibles (de asfalto, adoquín o empedrado) las capas base y subbase tienen la principal función de contribuir mucho a la capacidad de soportar cargas del pavimento. La base debe tener la suficiente resistencia para recibir la carga de la superficie arriba de ella y transmitirla, a un nivel de esfuerzo adecuado, a la capa siguiente, que puede ser una subbase o una subrasante.”*

Olivera (1996)²¹, indica que *“Básicamente el material que constituye a la base, en el pavimento flexible, debe ser friccionante y provisto de vacíos.*

La primera garantizará la resistencia adecuada y la permanencia de dicha resistencia con la variación de las condiciones que se puedan presentar, como podría ser el contenido de agua. Es lógico que no basta sólo con emplear material friccionante para garantizar la resistencia deseada, es necesaria también una compactación adecuada, necesaria para adquirir la compacidad y trabazón estructural requerida para una buena base. Los materiales utilizados para la base suelen someterse a procesos exigentes para su aprobación como lo es la trituración, produciendo efectos favorables para la resistencia y deformabilidad de la estructura a construir, ya que se obtienen partículas con formas convenientes para un reacomodo adecuado.”

2.5.2.3.1.2.3 Capa de rodadura:

Según SIECA (2002)²², *“Es la capa que se coloca sobre la base. Su objetivo principal es proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para evitar filtraciones de agua de lluvia que podrían saturar las capas inferiores. Evita la desintegración de las capas subyacentes a causa del tránsito de vehículos.*

²⁰ MONCAYO V. J., Ob. Cit. Pág. 31.

²¹ OLIVERA B., F.: Ob. Cit. Pág. 117.

²² SIECA. Ob. Cit. Cap. 5 Pág.12

Asimismo, la superficie de rodadura contribuye a aumentar la capacidad soporte del pavimento, absorbiendo cargas, si su espesor es apreciable (mayor de 4 cm.), excepto el caso de riegos superficiales, ya que para estos se considera nula.”

2.5.2.3.1.2.3.1 Mezcla asfáltica en frío:

Según SIECA (2002)²³, *“Es la mezcla de agregados pétreos con aglomerantes bituminosos emulsificados o asfaltos rebajados, materiales que deben cumplir con los requisitos aquí especificados, los cuales son mezclados mediante procedimientos controlados y darán como resultado un material con propiedades y características definidas.”*

2.5.2.3.1.2.3.2 Mezcla asfáltica en caliente:

Según SIECA (2002)²⁴, *“Es la mezcla de agregados pétreos con aglomerantes bituminosos, materiales que deben cumplir con los requisitos especificados, los cuales mezclados mediante procedimientos controlados en caliente, darán como resultado un material con propiedades y características definidas.”*

Tabla N° 02: Selección del tipo de cemento asfáltico

Temperatura media Anual			
24°C o más	24°C -15°C	15°C- 5°C	Menos de 5° C
40 – 50	60-70	85-100	Asfalto Modificado
60-70		120-150	
Modificado			

Fuente: MTC-Suelos y Pavimentos, 2013.²⁵

2.5.2.3.2 Pavimento Rígido:

Según SIECA (2002)²⁶, *“Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base. En general, se puede indicar*

²³ Ibid, Cap. 5 Pág. 13

²⁴ Ibid, Cap. 5 Pág.14

²⁵ MTC, Suelos y Pavimentos, Pág. 471.

²⁶ SIECA, Ob. Cit. Cap. 5 Pág.27

que el concreto hidráulico distribuye mejor las cargas hacia la estructura del pavimento.”

Según Paredes (2008)²⁷, “Son los pavimentos conformados por cemento Portland, arena de río, agregado grueso y agua tendida en una sola capa. Dependiendo de la necesidad, estos pavimentos pueden estructurarse por la capa de Subbase y/o base, conformando así una losa de concreto, de espesor, longitud y ancho variables.

Los pavimentos rígidos o hidráulicos como se les conoce también, difieren de los pavimentos de asfalto o flexibles, en que poseen una resistencia considerable a la flexión, además de que se ven considerablemente diferenciados por los cambios de temperatura. Los pavimentos rígidos están sujetos a los siguientes esfuerzos:

- a) Esfuerzos abrasivos causados por las llantas de los vehículos.
- b) Esfuerzos directos de compresión y cortadura, causados por las cargas de las ruedas.
- c) Esfuerzos de compresión y tensión que resultan de la deflexión de las losas bajo las cargas de las ruedas.
- d) Esfuerzos de compresión y tensión causados por la expansión y contracción del concreto.
- e) Esfuerzos de compresión y tensión debidos a la combadura del pavimento por efectos de los cambios de temperatura.”

Asevera Paredes (2008)²⁸, “Debido a la relación que existe entre los pavimentos rígidos y los esfuerzos anteriormente mencionados y para que los pavimentos cumplan con su vida útil como se espera, es necesario basarse en los siguientes factores:

- a) Volumen, tipo y peso del tránsito a servir en la actualidad y en un futuro previsible.
- b) Valor relativo de soporte y características de la sub rasante.
- c) Clima de la región.
- d) Resistencia y calidad del concreto a emplear.

Estos factores son de mucha importancia para que el pavimento sea óptimo y económico. Por ejemplo el espesor de la losa de concreto es muy grande

²⁷ PAREDES, Luis. Ob. Cit., pág. 4.

²⁸ Ibid, Pág. 5

comparado con el requerido, es decir, que posee una carga superior a la que realmente soporta, tendrá un comportamiento satisfactorio pero su costo de construcción será muy elevado; al contrario, si el espesor es menor que el requerido, se acortará su vida de servicio, teniendo un costo de conservación elevado, obteniéndose un comportamiento poco satisfactorio.”

2.5.2.3.2.1 Funciones de las Distintas Capas de un Pavimento Rígido.

2.5.2.3.2.1.1 Sub base

“Según SIECA (2002)²⁹, “Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura del pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la Subbase. La Subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimentos.”

Según KRAEMER et.al. (2004)³⁰, “*La subbase es la capa de firme situada debajo de la base y sobre la explanada. Esta capa puede no ser necesaria con explanadas de elevada capacidad de soporte. Su función es proporcionar a la base un apoyo uniforme y constituir una adecuada plataforma de trabajo para su puesta en obra y compactación. En todo caso, la subbase suele ser una capa de transición necesaria. Se emplean subbases granulares constituidas por gravas y arenas rodadas o trituradas, suelo-cemento, escorias cristalizadas de horno alto, etc.*”

2.5.2.3.2.1.2 Base

Según SIECA (2002)³¹, “*Es la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la subbase y a través de ésta a la subrasante, y es la capa sobre la cual se*

²⁹ SIECA. Ob. Cit. Cap. 5 Pág. 3

³⁰ KRAEMER, Carlos et.al. “Ingeniería de Carreteras - Volumen II”, Pág. 240.

³¹ SIECA, Ob. Cit. Cap. 5 pág. 4.

coloca la capa de rodadura. Las bases especificadas son las siguientes: Base granular y Base estabilizada”.

Según KRAEMER et.al. (2004)³², “La base es la capa del firme situada debajo del pavimento. Su función es eminentemente resistente, absorbiendo la mayor parte de los esfuerzos verticales y su rigidez o resistencia a la deformación bajo las sollicitaciones repetidas del tráfico está en consonancia con la intensidad del tráfico pesado. Así para tráficos con intensidades elevadas de vehículos pesados, se emplean materiales granulares tratados con un ligante o con un conglomerante.”

2.5.2.3.2.1.3 Capa de rodadura.

Según SIECA (2002)³³, “Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base. En general, se puede indicar que el concreto hidráulico distribuye mejor las cargas hacia la estructura del pavimento. Los pavimentos rígidos pueden dividirse en tres tipos:

2.5.2.3.2.1.3.1 Concreto hidráulico simple.

No contiene armadura en la losa y el espaciamiento entre juntas es pequeño (entre 2.50 y 4.50 m). Las juntas pueden no tener dispositivos de transferencia de cargas (dovelas)

2.5.2.3.2.1.3.2 Concreto hidráulico reforzado.

Tienen espaciamientos mayores entre juntas (entre 6.10 y 36.60 m.) y llevan armadura distribuida en la losa a efecto de controlar y mantener cerradas las fisuras de contracción.

³² KRAEMER, Carlos et.al. “Ob. Cit. Pág. 241.

³³ SIECA, Ob. Cit. Cap. 5 pág. 27.

2.5.2.3.2.1.3.3 Concreto hidráulico reforzado continuo.

Tiene armadura continua longitudinal y no tiene juntas transversales, excepto juntas de construcción. La armadura transversal es opcional en este caso. Estos pavimentos tienen más armadura que las juntas armadas y el objetivo de esta armadura es mantener un espaciamiento adecuado entre fisuras y que éstas permanezcan cerradas.”

2.5.2.4 Diseño de Pavimentos.

2.5.2.4.1 Diseño de pavimentos flexibles.

El diseño de pavimentos flexibles incluye la superficie con concretos o mezclas asfálticas. El concepto del diseño de pavimentos flexibles es determinar primero el espesor de la estructura, basado tanto en el nivel de tránsito como en las propiedades de los materiales.

Según SIECA (2002)³⁴, Para el diseño de espesores de pavimentos flexibles, se conocen dos métodos, que son:

- Método de AASHTO.
- Método del Instituto de Asfalto.

2.5.2.4.1.1 Método de AASHTO.

La ecuación básica para el diseño de la estructura de un pavimento flexible es la siguiente:³⁵

$$\text{Log}_{10} W_{18} = Z_r S_o + 9.36 \text{Log}_{10} (\text{SN} + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10} \left[\frac{\Delta \text{PSI}}{4.2 - 1.5} \right]}{\frac{0.40 + 1094}{(\text{SN} + 1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10} M_r - 8.07 \quad \dots (01)$$

³⁴ SIECA. Ob. Cit., cap. 7, pág. 1

³⁵ MTC, Ob. Cit., pág. 152

En donde:

W_{18} = Número de cargas de ejes simples equivalentes de 18 Kips (80 kN) calculadas conforme el tránsito vehicular.

S_o = Desviación estándar de todas las variables.

Z_r = Valor de Z (área bajo curva de distribución) correspondiente a la curva estandarizada para una confiabilidad R.

ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad.

M_r = Módulo de resiliencia de la subrasante.

SN = Número estructural.

2.5.2.4.1.1.1 Variables a considerar

Las variables a considerar en este método son:

A) Variables en función del tiempo

Según SIECA (2002)³⁶, "Existen dos tipos que deben tomarse en cuenta y son:

- El período de diseño.
- La vida útil del pavimento

El período de diseño es el tiempo total para el cual se diseña un pavimento en función de la proyección del tránsito y el tiempo que se considere apropiado para las condiciones del entorno se comiencen a alterar desproporcionadamente.

La vida útil del pavimento, es aquel tiempo que transcurre entre la construcción del mismo y el tiempo en el que alcanza el mínimo de serviciabilidad.

El período de diseño puede llegar a ser igual a la vida útil de un pavimento, en los casos en que se consideren reconstrucciones o rehabilitaciones a lo largo del tiempo.

³⁶ SIECA. Ob. Cit., cap. 7, pág. 2

El período de diseño comprende varios períodos de vida útil que son: el de pavimento original y el de las rehabilitaciones.”

Tabla N° 03: Periodos de Diseño

Tipo de Carretera	Período de Diseño
Autopista	20 - 40 años
Troncales Suburbanas	15 - 30 años
Troncales Rurales	
Colectoras Suburbanas	10 - 20 años
Colectoras Rurales	

Fuente: SIECA, 2002³⁷

B) Variables en función del tránsito

Según MTC (2013)³⁸, “Es el número acumulado de ejes Simples Equivalentes a 18000 lb (80 kN) para el periodo de diseño, corresponde al Número de Repeticiones de EE de 8.2 t; el cual se establece con base en la información del estudio de tráfico.”

C) Confiabilidad (%R)

Asevera MTC (2013)³⁹, “El método AASHTO incorpora el criterio de la confiabilidad (%R) que representa la probabilidad que una determinada estructura se comporte, durante su periodo de diseño, de acuerdo con lo previsto. Esta probabilidad está en función de la variabilidad de los factores que influyen sobre la estructura del pavimento y su comportamiento; sin embargo, solicitudes diferentes a las esperadas, como por ejemplo, calidad de la construcción, condiciones climáticas extraordinarias, crecimiento excepcional del tráfico pesado mayor a lo previsto y otros factores, pueden reducir la vida útil prevista de un pavimento.”

³⁷ Ibid, cap. 7, pág. 3

³⁸ MTC, Ob. Cit. Pág. 154

³⁹ Ibid, Pág. 155

Tabla N° 04: Valores Recomendados de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	100,000	150,000	65%
	TP1	150,001	300,000	70%
	TP2	300,001	500,000	75%
	TP3	500,001	750,000	80%
	TP4	750,001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	85%
	TP6	1,500,001	3,000,000	85%
	TP7	3,000,001	5,000,000	85%
	TP8	5,000,001	7,500,000	90%
	TP9	7,500,001	10'000,000	90%
	TP10	10'000,001	12'500,000	90%
	TP11	12'500,001	15'000,000	90%
	TP12	15'000,001	20'000,000	95%
	TP13	20'000,001	25'000,000	95%
	TP14	25'000,001	30'000,000	95%
	TP15		>30'000,000	95%

Fuente: MTC, Suelos y Pavimentos (2013), en base a datos de la Guía AASHTO 93.

D) Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr)

Según MTC (2013)⁴⁰, "El coeficiente de Desviación Estándar Normal (Zr) representa el valor de la confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal.

Tabla N° 05: Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr) Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	100,001	150,000	-0.385
	TP1	150,001	300,000	-0.524
	TP2	300,001	500,000	-0.674
	TP3	500,001	750,000	-0.842
	TP4	750,001	1,000,000	-0.842

Fuente: MTC, Suelos y Pavimentos (2013), basado en la guía AASHTO 93

⁴⁰ Ibid Pág. 155

E) Desviación Estándar Combinada (So)

Según MTC, Suelos y Pavimentos (2013)⁴¹, “La desviación Estándar Combinada (So), es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento; como por ejemplo, construcción, medio ambiente, incertidumbre del modelo. La Guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de So comprendidos entre 0.40 y 0.50.” En la presente tesis se adopta para los diseños recomendados el valor de 0.45.

F) Sub rasantes expansivas

Según SIECA (2002)⁴², “En el caso de existir las mismas por efecto de saturación, es necesario analizar la pérdida de serviciabilidad debido a esta causa, haciendo los análisis de laboratorio a los materiales existentes en el proyecto.”

2.5.2.4.1.1.2 Criterios para determinar la serviciabilidad

Según SIECA (2002)⁴³, “La serviciabilidad de una estructura de pavimento, es la capacidad que tiene éste de servir al tipo y volumen de tránsito para el cual fue diseñado.

El índice de serviciabilidad se califica entre 0 (malas condiciones) y 5 (perfecto). Para el diseño de pavimentos debe asumirse la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final; la inicial es función directa del diseño de la estructura de pavimento y de la calidad con que se construye la carretera; al final va en función de la categoría del camino y se adopta en base al criterio del diseñador.

Serviciabilidad inicial

Po = 4.5 para pavimentos rígidos

Po = 4.2 para pavimentos flexibles

⁴¹ MTC, Suelos y Pavimentos, Ob. Cit. Pág. 158

⁴² SIECA, Ob. Cit. Cap. 7 , pág. 3

⁴³ Ibid, Cap. 7, pág. 3

Serviciabilidad final

Pt = 2.5 ó más para caminos principales.

Pt = 2.0 ó más para caminos de tránsito menor.”

2.5.2.4.1.1.3 Propiedades de los materiales

Según SIECA (2002)⁴⁴, “...son las que se valoran para el módulo de resiliencia, ya que en función de éste se llega a los coeficientes de los números estructurales.

2.5.2.4.1.1.4 Drenajes

Los coeficientes de capa, son los que se ajustan con factores mayores o menores que la unidad para tomar en cuenta el drenaje y el tiempo en que las capas granulares están sometidas a niveles de humedad cerca de la saturación.”

2.5.2.4.1.1.5 Determinación de espesores

Indica SIECA (2002)⁴⁵, “en los pavimentos de mezclas asfálticas, por medio de la fórmula de diseño, se obtiene el número estructural y en función del mismo se determinan los distintos espesores de las capas que conforman la estructura. El diseño está basado en la identificación del número estructural del pavimento flexible y la cantidad de ejes de carga transitado.”

2.5.2.4.1.1.6 Determinación del número estructural requerido

Según MTC, Suelos y Pavimentos (2013)⁴⁶, “Los datos obtenidos y procesados se aplican a la ecuación de diseño AASHTO y se obtiene el *Número Estructural*, que representa el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo construirán, o sea de la capa de rodadura, de base y de sub base, mediante

⁴⁴ Ibid, Cap. 7, pág. 4

⁴⁵ Ibid, Cap. 7, pág. 5

⁴⁶ MTC, Ob. Cit. Pág. 161.

el uso de los coeficientes estructurales, esta conversión se tiene aplicando la siguiente ecuación:"

$$SN = a_1 x d_1 + a_2 x d_2 x m_2 + a_3 x d_3 x m_3 \quad \dots (02)$$

Donde:

a1, a2, a3 = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente.

d1, d2, d3 = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente.

m2, m3 = coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente

2.5.2.4.1.1.7 Estabilidad y factibilidad de la construcción

Según SIECA (2002)⁴⁷, "En la práctica no deben colocarse capas con espesores menores a los mínimos requeridos, pues las capas con espesores mayores que el mínimo son más estables. Frecuentemente se especifica un valor mayor en el espesor de capas, con el fin de mantener la estructura de pavimento en mejores condiciones para absorber los efectos que producen los suelos expansivos.

Cuando se utilicen, como capa de rodadura, tratamientos superficiales, no se debe considerar aporte estructural de esta capa; pero tiene un gran efecto en la base y sub base, ya que impermeabiliza la superficie y no permite la entrada de agua a la estructura de pavimento. Algunos valores de espesores mínimos sugeridos para capas asfálticas y base granular en función del tránsito, son dados en la siguiente tabla.

⁴⁷ SIECA, Ob. Cit. Cap. 7, pág. 8.

Tabla N° 06: Espesores mínimos sugeridos

Número de ESAL's	Capas Asfálticas (cm)	Base Granular (cm)
Menos de 50,000	3.0	10
50,000 - 150,000	5.0	10
150,000 - 500,000	6.5	10
500,000 - 2,000,000	7.5	15
2,000,000 – 7,000,000	9.0	15
Más de 7,000,000	10.0	15

Fuente: SIECA, 2002⁴⁸

Tales mínimos dependen de las prácticas locales y está condicionado el usarlos; los diseñadores pueden encontrar necesario modificar hacia arriba los espesores mínimos, debido a la experiencia obtenida; estos valores son sugeridos y se considera su uso tomando en cuenta que son capas asfálticas sobre bases granulares sin tratar.”

2.5.2.4.1.2 Método del Instituto de Asfalto.

Según SIECA (2002)⁴⁹, “En este procedimiento de diseño, la estructura de pavimento es considerada como un sistema elástico de capas múltiples. El material en cada una de las capas se caracteriza por su módulo de elasticidad.

Este procedimiento es usado para el diseño de pavimentos de asfalto compuesto de combinaciones de capa asfáltica, base y sub base sin ningún tratamiento; la sub rasante es la capa subyacente más baja y es asumida infinita en el sentido vertical de arriba hacia abajo y en dirección horizontal; las otras capas de espesor finito, se asumen infinitas hasta cierto punto, en el sentido horizontal. Una continuidad o fricción total, es asumida en la unión

⁴⁸ Ibid, Cap. 7, Pág. 8.

⁴⁹ Ibid, Cap. 7, pág. 19.

entre cada una de las capas para efectos de diseño.

En la metodología adoptada por este método, las cargas sobre la superficie de pavimento producen dos esfuerzos de tensión, que son críticos para propósitos de diseño, estos son: a) el esfuerzo de tensión horizontal sobre el lado de abajo en el límite de la capa asfáltica; y b) el esfuerzo de compresión vertical en la superficie de la sub rasante.

Si la fuerza de tensión es excesiva, pueden resultar grietas en la capa; si la fuerza de compresión vertical es excesiva, resultan deformaciones permanentes en la superficie de la estructura de pavimento por las sobrecargas en la sub rasante. Las deformaciones excesivas, en las capas tratadas, pueden ser controladas por las calidades a que están sujetas las propiedades de los materiales. Todos los materiales se caracterizan por el Módulo de Elasticidad del cual son seleccionados valores específicos, basados en estudios experimentales realizados.

El Módulo de Elasticidad de las mezclas asfálticas, es altamente dependiente de la temperatura que se encuentre sobre el pavimento. El Módulo de Elasticidad es función del tiempo de fraguado.

El Módulo de Resiliencia de los materiales granulares sin tratar, puede variar con las condiciones de esfuerzo en el pavimento. Valores usados en el desarrollo de las tablas de diseño dadas, varían poco desde 103 MPa (15,000 psi) hasta más de 345 MPa (50,000 psi).

En adición a los efectos de cambio mensuales⁴ de la temperatura a través del año sobre el módulo dinámico de la capa asfáltica, las curvas de diseño también toman consideraciones sobre el efecto de la temperatura sobre el módulo de resiliencia de la sub rasante y los materiales de la base.”

2.5.2.4.1.2.1 Estimación del tránsito

SIECA (2002)⁵⁰, define la diferencia entre “Período de Diseño” y “Período de Análisis”, de la siguiente forma: “un pavimento debe ser diseñado para soportar los efectos acumulados del tránsito en cualquier período de tiempo.

El período seleccionado, en años, se define como “Período de Diseño”; al término de éste, es posible que el pavimento necesite de una acción de rehabilitación mayor, lo cual debe ser una sobre carpeta de refuerzo para restaurarlo a su condición normal. La “vida útil de un pavimento” o “Período de Análisis”, es el tiempo que transcurre entre la construcción del mismo y el momento en que éste alcanza las mínimas condiciones de transitabilidad y se puede extender de forma indefinida por medio de la colocación de sobre carpetas u otras acciones de rehabilitación, hasta que la carretera sea obsoleta debido a cambios significativos como:

- Pendientes
- Alineamiento geométrico
- Otros factores

Debido a que los camiones son los que más daño ocasionan a las carreteras, se debe considerar este tipo de flujo vehicular sobre el carril de diseño, por lo que se utilizan los valores dados en la siguiente tabla.

Tabla N° 07: Factor de Distribución por Carril

Número de carriles en ambas direcciones	Porcentaje de camiones en el carril de diseño
2	50
4	45
6 ó más	40

Fuente: SIECA, 2002.⁵¹

El método del Instituto de Asfalto, incorpora factores de ajuste de los ejes equivalentes de diseño, para diferentes presiones de contacto de las llantas sobre el pavimento, en función de la presión de inflado y los espesores de la capa asfáltica.

⁵⁰ Ibid, Cap. 7 pág. 21

⁵¹ Ibid, Cap. 7 Pág. 22

Este factor de ajuste de los ejes equivalentes, es un dato que caracteriza la importancia que tiene la presión de inflado sobre el espesor de una estructura de pavimento, pues a mayor presión de inflado y menor espesor de capa de rodadura, incrementa en buena medida el número de ejes equivalentes y por lo tanto, es mayor el daño a una estructura determinada.”

2.5.2.4.1.2.2 Materiales

Según SIECA (2002)⁵², “Respecto al diseño de espesores de un pavimento flexible, el método del Instituto de Asfalto, considera como parámetro fundamental la evaluación de los materiales para obtener el Módulo de Resiliencia (M_r). Se han establecido valores de correlación entre el módulo y la prueba del CBR (AASHTO T-193); los valores obtenidos son bastante aproximados, sin embargo, para obtener resultados más precisos es necesario llevar a cabo la prueba del Módulo de Resiliencia (M_r) de la subrasante. Para calcular el módulo de resiliencia a partir del CBR, se han desarrollado las siguientes ecuaciones:

$$M_r \text{ (MPa)} = 10.3 \times \text{CBR} \quad \dots \text{ (03)}$$

$$M_r \text{ (psi)} = 1,500 \times \text{CBR} \quad \dots \text{ (04)}$$

Es necesario, para aplicar la metodología descrita, que se incluyan métodos de prueba normados por AASHTO y ASTM, los cuáles deben de considerar los parámetros indicados en la tabla N° 08.”

⁵² Ibid, Cap. 7 Pág. 28

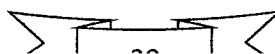


Tabla N° 08: Normas AASHTO y ASTM

Prueba	Uso	AASHTO	ASTM
Límite líquido	Clasificación	T-89	D-4318
Límite plástico	Clasificación	T-90	D-4318
Granulometría	Clasificación	T-88	D-422
Compactación	Relación humedad - densidad	T-180	D-1557
CBR	Básico para diseño de espesores	T-193	D-1883
Valor R	Básico para diseño de espesores	T-190	D-2844
Equivalente de arena	Clasificación	T-176	C-293-79
Pasa tamiz No. 200	Clasificación	T-11 Y T-27	C-117-89 y C-136-84
Módulo de resiliencia (Mr)	Básico para diseño de espesores	Se utiliza el método MS-1 del propio Instituto de Asfalto	

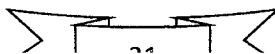
Fuente: SIECA, 2002.⁵³

Según SIECA (2002)⁵⁴, “Para que el diseño de los espesores de una estructura de pavimento, cumpla con su función, es necesario que los requerimientos de compactación de las capas de base y sub base, se adapten a las siguientes recomendaciones:

- Las capas de base y sub base, que son formadas por materiales granulares sin ningún tratamiento (no estabilizadas), se deben compactar con un contenido de humedad de más o menos de 1.5% de la humedad óptima, para alcanzar la densidad mínima del 100% de la densidad seca máxima de laboratorio; para tal efecto se recomiendan algunos valores para las diferentes pruebas a realizarse con materiales de sub base y base.
- Es importante señalar también, que el método incluye factores de medio ambiente y diferentes clases de tipos de asfalto; para tal caso se consideran tres diferentes temperaturas, dependiendo de la región en donde se pretenda construir el pavimento: climas fríos (7°C), templados

⁵³ Ibid, Cap. 7 Pág. 29

⁵⁴ Ibid, cap. 7, Pág. 30.



(15.5°C) y cálidos (24°C); en los cuales se utilizan cementos asfálticos desde el AC-5 hasta el AC-40, por lo que se recomienda la siguiente clasificación:

Tabla N° 09: Grados de Asfalto de acuerdo al Tipo de Clima

Clima	Temperatura media anual del aire (TMAA)	Grado de asfalto
Frío	Menor o igual a 7°C	AC-5, AC-10
Templado	Entre 7° y 24°C	AC-10, AC-20
Cálido	Mayor de 24°C	AC-20, AC-40

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.⁵⁵

Para espesores mínimos, en función de la cantidad de tránsito de ejes equivalentes, este método recomienda los siguientes valores para superficies de rodadura construidas sobre bases granulares normales, sin ningún proceso de estabilización.”

Tabla N° 10: Espesores mínimos de Capas Asfálticas sobre Bases

Cantidad de ejes equivalentes	Condición del tránsito	Espesores mínimos de la capa asfáltica, en centímetros
Hasta 10,000	Ligero	7.5
Entre 10,000 y	Mediano	10
Mayor de 1,000,000	Pesado	12.5 o más

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.⁵⁶

2.5.2.4.1.2.3 Espesores de diseño

Según SIECA(2002)⁵⁷, “Para el diseño final de los espesores de una estructura de pavimento, el método del Instituto de Asfalto ,proporciona diversos nomogramas para los sistemas métrico, decimal e inglés; los cuales abarcan todas las variables que se puedan involucrar en el diseño y que fueron analizadas anteriormente. Los nomogramas son presentados a escala logarítmica para los siguientes parámetros:

⁵⁵ Ibid, Cap. 7. Pág. 30

⁵⁶ Ibid, Cap. 7, Pág. 31.

⁵⁷ Ibid, Cap. 7, Pág. 31.

- Las tres condiciones climáticas consideradas en la temperatura media anual del aire.
- Total de ejes equivalentes acumulados durante el período de diseño.
- Módulo de resiliencia de la sub rasante.
- Capa de concreto asfáltico de una sola capa.
- Para cuando se tiene una capa de base sin estabilizar de 15 centímetros.
- Para cuando se tiene una capa de base sin estabilizar de 30 centímetros.”

2.5.2.4.1.3 Fallas en Pavimentos Flexibles

Según Torres (2007)⁵⁸, “La tecnología que el ingeniero de pavimentos ha ido desarrollando, tiene por objeto evitar la aparición de todo un conjunto de deterioros y fallas; se ha logrado ir estableciendo una relación causa-efecto.

La descripción y discusión de las fallas de los pavimentos no es una tarea sencilla; su variedad y diferencia de matices bastarían para que no lo fuese, sin contar con otras dificultades, incluso ajenas a los hechos ingenieriles propiamente dichos. En pavimentos, es común que la palabra falla se utilice tanto para verdaderos colapsos o desastres locales, como para describir deterioros simples o lugares de posible evolución futura desfavorable. Las fallas de los pavimentos pueden dividirse en:

- Fallas por insuficiencia estructural
- Fallas por defectos constructivos
- Fallas por fatiga
- Agrietamiento tipo “piel de cocodrilo”
- Deformación permanente en la superficie del pavimento
- Fallas por cortante
- Consolidación del terreno de cimentación
- Agrietamiento longitudinal”

⁵⁸ Torres, Análisis Comparativo de Costos entre el Pavimento Flexible y el Pavimento Rígido,. Pág. 46.

Tabla N° 11: Tipos, manifestaciones y causas de Fallas en Pavimentos Flexibles

TIPO	MANIFESTACIÓN	CAUSAS
Fracturamiento	Agrietamiento	Exceso de carga (insuficiencia estructural) Repetición de carga (fatiga) Cambios de temperatura Cambios de humedad (defecto constructivo) Ondulamiento por fuerzas horizontales (deficiencia estructural o defecto constructivo) Contracción Exceso de carga (insuficiencia estructural) Repetición de carga (fatiga)
Deformación	Deformación permanente	Exceso de carga (insuficiencia estructural) Proceso de deformación viscosa (fatiga, insuficiencia estructural y defecto constructivo) Aumento de compacidad (defecto constructivo, rotura de granos) Consolidación Expansión
	Falla	Exceso de carga (insuficiencia estructural) Aumento de compacidad (defecto constructivo,
Desintegración (falla de carpeta)	Remoción	Pérdida de adherencia en la carpeta Reactividad química Abrasión por efecto del tránsito
	Desprendimiento	Pérdida de adherencia en la carpeta Reactividad química Abrasión por efecto del tránsito

Fuente: Torres Ziri6n, Rafael, "An6lisis Comparativo de Costos entre el Pavimento Flexible y el Pavimento R6gido"⁵⁹

⁵⁹ Ibid, P6g 47.

Tabla N° 12: Principales factores que afectan a los tres tipos básicos de Fallas de un Pavimento Flexible

TIPO DE FALLA	TRÁNSITO	PAVIMENTO	CIMENTACIÓN (apoyo)
Fracturamiento	Carga por rueda (magnitud) Repeticiones Área de influencia de la carga Velocidad Arreglo y disposición de ruedas y ejes	Rigidez de las diversas capas Flexibilidad (adaptabilidad a la fatiga) Durabilidad Deformación plástica Deformación elástica	Rigidez en base y sub base Deformación plástica Deformación elástica
Deformación	Carga por rueda (magnitud) Repeticiones Área de influencia de la carga Velocidad Arreglo y disposición de ruedas y ejes	Espesor Resistencia Compresibilidad Susceptibilidad a cambios de volumen Deformación plástica Deformación elástica	Susceptibilidad a los cambios de volumen Deformación plástica Deformación elástica
Desintegración (fallas de carpetas)	Presión de la llanta Repeticiones Velocidad	Características del asfalto Características del agregado (porosidad, falta de adherencia con el asfalto)	Resistencia en las capas de pavimento Infiltración de agua Cambios de temperatura

Fuente: Torres Zirión, Rafael, "Análisis Comparativo de Costos entre el Pavimento Flexible y el Pavimento Rígido" ⁶⁰

2.5.2.4.2 Diseño de pavimentos rígidos.

Según SIECA (2002)⁶¹, "Abarca el conocimiento de diferentes variables que intervienen directamente con el pavimento rígido, complementándose con un buen diseño de juntas, derivándose diversas metodologías, las cuales son:

- Teóricas: son las que presentan la estructura del pavimento en función del estudio elástico de sistemas multicapas, sometidos a cargas estáticas.
- Empíricas: se apartan de la mecánica y se limitan a la clasificación de suelos y tipos de pavimentos más usualmente experimentales.

⁶⁰ Ibid. Pág. 48.

⁶¹ SIECA, Ob. Cit., Cap. 7 Cap. 51

- Semiempíricas o diseños mecanicistas – empíricos, combinan los resultados anteriores, llevándose a cabo ensayos en laboratorio o vías de servicio.”

Como resultado de estas metodologías, se han desarrollado técnicas que permiten diseñar las estructuras del pavimento en forma práctica y racional, por medio de los nomogramas de diseño. Para el diseño de espesores de pavimentos rígidos, se describen dos tipos de métodos, que son:

- Método AASHTO.
- Método PCA.

2.5.2.4.2.1 Método de AASHTO.

Según SIECA (2002)⁶², “Este método se basa en el uso de una ecuación empírica, desarrollada por la observación de algunos pavimentos de hormigón estudiados durante ensayos de la AASHTO sobre carreteras. Para este método, la fórmula de diseño a emplear, haciendo uso de los nomogramas, es la siguiente:

$$\text{Log}_{10} W_{82} = Z_r S_o + 7.35 \text{Log}_{10} (D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10} \left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_t) \times \text{Log}_{10} \left[\frac{M_r C_{dr} (0.09D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}} \right)} \right] \dots (01)$$

Donde:

- W82 = Número previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del período de diseño.
- Z_r = Desviación normal estándar.
- S_o = Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento.
- D = Espesor de pavimento de concreto, en milímetros.
- ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y final.
- P_t = Índice de serviciabilidad.
- M_r = Resistencia media del concreto (en MPa) a flexotracción a los 28

⁶² Ibid. Cap. 7, pág. 51.

días (método de carga en los tercios de la luz).

- C_d = Coeficiente de drenaje.
- J = Coeficiente de transmisión de cargas en las juntas.
- E_c = Módulo de elasticidad del concreto, en MPa.
- K = Módulo de reacción, dado en MPa/m de la superficie (base, sub base o sub rasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

2.5.2.4.2.1.1 Variables a considerar

A) Ejes simples equivalentes de 82 kN lo largo del período de diseño

Según SIECA (2002)⁶³, "En este método se requiere la transformación a ejes simples equivalentes de 82 kN (8.0 toneladas métricas ó 18,000 lb.), los ejes de diferentes pesos que circularán por el pavimento, durante su período de diseño.

Para el período de diseño, por el tipo de construcción que es, se necesita que este no sea menor a 20 años, considerando diferentes alternativas en el plazo que se decida, e incluso es recomendable que durante el período de análisis, se incluya por lo menos una rehabilitación."

i. Conforme el número de carriles en ambas direcciones

Según SIECA (2002)⁶⁴, "Para efectos de diseño, el tránsito a tomar en cuenta es el que utiliza el carril objeto de diseño, por lo que generalmente se admite que en cada dirección circula el 50% del tránsito total (del que viaja en las dos direcciones) y que dependiendo del lugar, puede variar entre 30% y 70%, así:"

⁶³ Ibid Cap. 7. Pág. 53

⁶⁴ Ibid. Cap. 7, pág. 51.

Tabla N° 13: Porcentaje de Camiones en el carril de Diseño

No. de carriles en ambas direcciones	Porcentaje de camiones en el carril de diseño
2	50
4	45
6 ó más	40

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.⁶⁵

ii. Conforme el número de carriles en cada dirección

Según SIECA (2002)⁶⁶, "Sobre el carril de diseño se puede suponer que circulan los porcentajes de tránsito siguientes:"

Tabla N° 14: Número de Carriles en una Dirección

No. de carriles en una dirección	Porcentaje de ejes simples equivalentes de 82 kN en el carril de diseño
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4	50 – 75

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.

B) Desviación normal estándar Z_r

Según SIECA (2002)⁶⁷, "esta variable define que, para un conjunto de variables (espesor de las capas, características de los materiales, condiciones de drenaje, etc.) que intervienen en un pavimento, el tránsito que puede soportar el mismo a lo largo de un período de diseño, sigue una ley de distribución normal con una media M_t y una desviación típica S_0 y por medio de la siguiente tabla con dicha distribución se obtiene el valor de Z_r en función de un nivel de confiabilidad R , de manera que exista una posibilidad de que $1-R/100$ del tránsito realmente soportado sea inferior a $Z_r \times S_0$."

⁶⁵ Ibid. Cap. 7 Pág. 53

⁶⁶ Ibid. Cap. 7 Pág. 54

⁶⁷ Ibid. Cap. 7 Pág. 54

Tabla N° 15: Valores de Z_r en función de la Confiabilidad R

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar Z_r
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.⁶⁸

C) Error estándar combinado S_o

Según SIECA (2002)⁶⁹, "Este valor representa la desviación estándar conjunta, e incluye la desviación estándar de la ley de predicción del tránsito en el período de diseño con la desviación estándar de la ley de predicción del comportamiento del pavimento, es decir, el número de ejes que puede soportar un pavimento hasta que su índice de serviciabilidad descienda por debajo de un determinado Pt.

Para pavimentos rígidos : 0.30 – 0.40
 En construcción nueva : 0.35
 En sobre capas : 0.40"

⁶⁸ Ibid. Cap. 7 Pág. 55

⁶⁹ Ibid. Cap. 7 Pág. 55

Tabla N° 16: Niveles de Confiabilidad R en función del Tipo de Carretera

Tipo de carretera	Niveles de confiabilidad R	
	Suburbanas	Rurales
Autopista Regional	85 - 99.9	80 - 99.9
Troncales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	50 - 80

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.⁷⁰

El producto de $Z_r \times S_o$ es un factor de seguridad que se aplica a la estimación del tránsito de una carretera. En la fórmula de diseño de la AASHTO se recomienda que el factor de seguridad esté en función del tránsito que circula sobre el carril de diseño.”

Tabla N° 17: Confiabilidad y factores de Seguridad Recomendados

Tránsito esperado en el carril de diseño en millones de ejes equivalentes	Confiabilidad R	Z_r	S_o	Factor de Seguridad F.S.
< 5	50	0.000	0.35	1.00
5 - 15	50-60	0.000 - 0.253	0.35	1.00 - 1.23
15 - 30	60 - 70	0.253 - 0.524	0.35	1.23 - 1.83
30 - 50	70 - 75	0.524 - 0.674	0.34	1.51 - 1.70
50 - 70	75 - 80	0.674 - 0.841	0.32	1.64 - 1.86
70 - 90	80 - 85	0.841 - 1.037	0.30	1.79 - 2.05

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.⁷¹

D) Variación del Índice de Serviciabilidad “ Δ PSI”

Según SIECA (2002)⁷², “Al escoger el índice de serviciabilidad final P_t se hace una selección del valor más bajo que pueda ser admitido, antes de que sea necesario efectuar una rehabilitación, un refuerzo o una reconstrucción del pavimento. Debido a que el índice de serviciabilidad final de un pavimento, es el valor más bajo de deterioro a que puede llegar el mismo, se sugiere que para carreteras de primer orden (de mayor tránsito)

⁷⁰ Ibid. Cap. 7 Pág. 56

⁷¹ Ibid. Cap. 7 Pág. 56

⁷² Ibid. Cap. 7 Pág. 57

éste valor sea de 2.5 y para carreteras menos importantes sea de 2.0. Para escoger el valor del índice de serviciabilidad inicial (P_0), es necesario considerar los métodos de construcción, ya que de eso depende la calidad del pavimento. En los ensayos de pavimentos de la AASHTO, P_0 llegó a un valor de 4.5 para pavimentos de concreto y 4.2 para pavimentos de asfalto. La diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial (P_0) y el índice de serviciabilidad final (P_t) es $\Delta PSI = P_0 - P_t$.”

E) Coeficiente de drenaje “ c_d ”

Según VELÁSQUEZ (2012)⁷³, “El valor del coeficiente de drenaje está dado por dos variables que son: a) la calidad del drenaje, que viene determinado por el tiempo que tarda el agua infiltrada en ser evacuada de la estructura del pavimento y b) Exposición a la saturación, que es el porcentaje de tiempo durante el año en que un pavimento está expuesto a niveles de humedad bastante altos. Depende de la precipitación media anual y de las condiciones de drenaje, definiendo sus calidades:

Tabla N° 18: Calidad del Drenaje

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

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.⁷⁴

Combinando todas las variables que intervienen para llegar a determinar el coeficiente C_d se llega a los siguientes valores:”

⁷³ VELÁSQUEZ DÍAZ, J.. El Concreto Permeable y su aplicación al drenaje vial. ASOCCEM. Pág. 5.

⁷⁴ SIECA (2002), Ob. Cit. Cap. 7 Pág. 57

Tabla N° 19: Valores de coeficiente de Drenaje "Cd"

Calidad del Drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	más del 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Mediano	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Malo	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy malo	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.⁷⁵

F) Coeficiente de transmisión de carga (J)

Según SIECA (2002)⁷⁶, "Este factor se utiliza para tomar en cuenta la capacidad del pavimento de concreto de transmitir las cargas a través de los extremos de las losas (juntas o grietas). Su valor depende de varios factores, tales como: a) Tipo de pavimento (en masa reforzado en las juntas, de armadura continua, etc.); b) Tipo de borde u hombro (de asfalto o de concreto unida al pavimento principal). c) La colocación de elementos de transmisión de carga (pasadores en los pavimentos con juntas, acero en los armados continuos, etc.). En función de estos parámetros, se indican los valores del coeficiente J.

Tabla N° 20: Valores de coeficiente de Transmisión de carga (J)

Tipo de pavimento	Hombro			
	Elemento de transmisión de carga			
	Concreto asfáltico		Concreto hidráulico	
	si	no	si	No
No reforzado o reforzado con juntas	32	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
Reforzado continuo	2.9 - 3.2		2.3 - 2.9	

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.⁷⁷

Se considera un pavimento rígido confinado, cuando los extremos de las losas tienen elementos de la misma rigidez que ella; por ejemplo, un

⁷⁵ Ibid. Cap. 7, Pág. 58.

⁷⁶ Ibid. Cap. 7, Pág. 58.

⁷⁷ Ibid. Cap. 7, Pág. 59.

hombro de concreto confina la parte principal de la carretera y el coeficiente de transmisión de carga tiende a ser menor, entonces la losa también será de menor espesor.

Un hombro de asfalto tiene una menor rigidez que la parte principal de la carretera y se considera semi - confinada, por lo que al ser mayor el coeficiente de transmisión de carga el espesor de la losa aumenta.

Dentro de cada intervalo de variación que se ve en la tabla, se recomienda utilizar el valor más alto cuando menor sea el módulo de reacción de la sub rasante k , también cuando sea elevado el coeficiente de dilatación térmica del concreto y mayores las variaciones de temperatura ambiente.

En el caso de carreteras de poco tránsito, en que el volumen de camiones sea reducido, se pueden utilizar los valores más bajos de J , ya que habrá menos pérdida del efecto de fricción entre los agregados.”

G) Módulo de Elasticidad del concreto “ E_c ”

SIECA (2002)⁷⁸, establece: “El Módulo de elasticidad del concreto (E_c), se puede determinar conforme al procedimiento descrito en la norma ASTM C-469 ó correlacionarlo con otras características del material, como lo es la resistencia a la compresión. En algunos códigos se indica que para cargas instantáneas, el valor del Módulo de Elasticidad (E_c) se puede calcular conforme las ecuaciones siguientes:

Tabla N° 21: Correlación entre la Resistencia a la Compresión y el Módulo de Elasticidad “ E_c ”

Tipo de agregado y origen	Módulo de Elasticidad E_c (MPa)	Módulo de Elasticidad E_c (kg/cm ²)
Grueso - Ígneo	$E_c = 5,500 \times (f_c)^{1/2}$	$E_c = 17,000 \times (f_c)^{1/2}$
Grueso - Metamórfico	$E_c = 4,700 \times (f_c)^{1/2}$	$E_c = 15,000 \times (f_c)^{1/2}$
Grueso - Sedimentario	$E_c = 3,600 \times (f_c)^{1/2}$	$E_c = 11,500 \times (f_c)^{1/2}$
Sin información	$E_c = 3,900 \times (f_c)^{1/2}$	$E_c = 12,500 \times (f_c)^{1/2}$

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.⁷⁹

⁷⁸ Ibid. Cap. 7, Pág. 59.

⁷⁹ Ibid. Cap. 7, Pág. 60.

En donde:

f_c = Resistencia a compresión del concreto a los 28 días en MPa o kg/cm² para obtener E_c en MPa o kg/cm² ”

H) Factor de pérdida de soporte L_s

Según SIECA (2002)⁸⁰, “Este factor es el valor que se le da a la pérdida de soporte que pueden llegar a tener las losas de un pavimento de concreto, por efecto de la erosión en la sub base, por corrientes de agua o por los asentamientos diferenciales de la sub rasante.

Este factor no aparece en forma directa en la fórmula de diseño para obtener el espesor de un pavimento de concreto; pero si está en forma indirecta a través de la reducción del Módulo de reacción efectivo de la superficie (sub rasante) en que se apoyan las losas.

Tabla N° 22: Valores del factor de pérdida de soporte L_s por el tipo de Sub Base O Base

Tipos de sub base o base	Factor de pérdida de soporte
Sub bases granulares tratadas con cemento (Mr: de 7,000 a 14,000 MPa)	0.00 a 1.00
Sub bases tratadas con cemento (Mr: de 3,500 a 7,000 MPa)	0.00 a 1.00
Bases asfálticas (Mr: de 2,500 a 7,000 MPa)	0.00 a 1.00
Sub bases estabilizadas con asfalto (Mr: de 300 a 2,000 MPa)	0.00 a 1.00
Estabilización con cal (Mr: de 150 a 1,000 MPa)	1.00 a 3.00
Materiales granulares sin tratar (Mr: de 100 a 300 MPa)	1.00 a 3.00
Suelos finos y sub rasantes naturales (Mr: de 20 a 300 MPa)	2.00 a 3.00

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.⁸¹

⁸⁰ Ibid. Cap. 7, Pág. 60.

⁸¹ Ibid. Cap. 7, Pág. 61

En caso de que al utilizarse sub bases no erosionables, se llegara a producir en la sub rasante asentamientos diferenciales, por el hecho de la existencia de arcillas higroscópicas o por la excesiva expansión durante las épocas de heladas, deben adoptarse valores de L_S entre 2.0 y 3.0.”

I) Módulo de Reacción k

Según SIECA (2002)⁸², “El Módulo de reacción (k) de la superficie en que se apoya el pavimento de concreto o Módulo efectivo de la sub rasante, es el valor de la capacidad soporte del suelo, la cual depende del Módulo de Resiliencia de la sub rasante y sub base, así como el Módulo de Elasticidad de la sub base. Para determinar este, es factible la correlación con el uso de otros parámetros, tales como: CBR y valor R. Es recomendable que el Módulo de elasticidad de la sub base no sea mayor de 4 veces el valor de la sub rasante.

Debido a que el valor del Módulo de Resiliencia (M_r) de la sub rasante, cambia a lo largo del año debido a ciclos de enfriamiento y calentamiento, para determinar el valor efectivo del módulo de reacción de la sub rasante (k), es necesario calcularlo para cada mes del año.”

2.5.2.4.2.2 Método PCA (*Portland Cement Association*).

Según Pineda (1987)⁸³, “Se aplica a diferentes tipos de pavimentos rígidos, tales como:

Los pavimentos de concreto simple, se construyen sin acero de refuerzo y sin varillas de transferencia (dovelas) de carga en las juntas, pues la transferencia se logra a través del esfuerzo de corte proporcionado por los agregados situados en las caras agrietadas, que se forman por el corte de la junta entre losas contiguas; para que ésta transferencia sea efectiva, es necesario que la longitud de las losas sean cortas.

⁸² Ibid. Cap. 7, Pág. 61

⁸³ Pineda Mendez, E. Métodos de Diseño y Análisis Comparativo de Costos entre Pavimentos Rígidos y Flexibles, Pág. 13.

Los pavimentos de concreto simple con varillas de transferencia de carga (dovelas), se construyen sin acero de refuerzo, pero en las juntas de contracción se colocan varillas lisas, que tienen la función de transmitir cargas a las otras losas; para este caso, es necesario que las losas también sean cortas, con el objeto de tener mejor control sobre los agrietamientos.

Los pavimentos de concreto reforzado tienen acero de refuerzo dentro de la losa, así como varillas de transferencia de carga (dovelas) en las juntas de contracción.

Las separaciones en las juntas son mayores a las que se utilizan en pavimentos convencionales, por lo que es posible que se produzcan más fisuras transversales, las cuales se mantienen prácticamente cerradas debido al refuerzo de acero.

Los pavimentos de refuerzo continuo, se construyen sin juntas de contracción; por tener una alta y continua cantidad de acero de refuerzo en dirección longitudinal, desarrollando fisuras transversales en intervalos cortos, pero debido al acero de refuerzo, producen un alto grado de transferencia de cargas en las caras de las fisuras.”

2.5.2.4.2.2.1 Elementos básicos

Según SIECA (2002)⁸⁴, “En pavimentos de concreto simple, el espaciamiento entre juntas no debe exceder de 4.50 metros, para que las losas tengan buen comportamiento.

En pavimentos con dovelas, las losas no deben ser mayores de 6 metros y en pavimentos reforzados las losas no deben ser mayores de 12 metros, lo cual permite un buen comportamiento, pues espaciamientos mayores a estos producen problemas tanto en las juntas como en las fisuras transversales.

⁸⁴ SIECA, Ob. Cit. Cap. 7 Pág. 68.

El procedimiento de diseño desarrollado por la PCA, establece varias condiciones, tales como:

La transferencia de cargas, dependiendo del tipo de pavimento que se considere.

El uso de hombros de concreto o asfalto adheridos al pavimento, permite reducir los esfuerzos de flexión y deflexiones, producidos por las cargas de los vehículos en los bordes de las losas.

Para reducir los esfuerzos que se producen al paso de las ruedas sobre las juntas, es necesario el uso de sub bases estabilizadas, ya que estas proporcionan superficies de soporte de mejor calidad y resistencia a la erosión a causa de las deflexiones de las losas de pavimento.”

Se adicionan dos criterios básicos en el diseño y son:

- i. **FATIGA** .Según SIECA (1989)⁸⁵, “*Sirve para mantener los esfuerzos que se producen dentro de los límites de seguridad, ya que el paso de cargas sobre las losas del pavimento, producen esfuerzos que se convierten en agrietamientos.*”

- ii. **EROSIÓN**. SIECA (1989)⁸⁶, asevera “*Sirve para limitar los efectos de deflexión que se producen en los bordes de las losas, juntas y esquinas del pavimento; también para tener control sobre la erosión que se produce en la sub base o sub rasante de los materiales que conforman los hombros.* Este criterio es necesario, ya que evita fallas en el pavimento, como succión de finos de la capa de apoyo que producen a su vez desnivel entre losas y destrucción de hombros, siendo situaciones independientes de la fatiga.

Los camiones con ejes tridem se consideran dentro del diseño, a pesar de que los sencillos y los tándems son los más utilizados en las carreteras; los

⁸⁵ Ibid, Cap. 7 Pág. 68.

⁸⁶ Ibid, Cap. 7 Pág. 68.

ejes tridem pueden llegar a producir más daño por efecto de erosión que por fatiga.”

2.5.2.4.2.2.2 Factores de diseño

Según IMYC (1989)⁸⁷, *“para desarrollar el diseño de un pavimento rígido, es necesario conocer las condiciones del lugar para escoger el tipo de pavimento que se va a construir, así como las características de la sub base y tipo de hombros a utilizar.”*

2.5.2.4.2.2.2.1 Resistencia a la flexión del concreto (módulo de rotura, MR)

Según OSHIRO (2007)⁸⁸, *“Este valor se utiliza en el diseño, bajo el criterio de la fatiga que sufren los materiales por el paso de las cargas impuestas por los vehículos pesados, que tienden a producir agrietamiento en el pavimento.*

La deformación que se produce en el pavimento de concreto por efecto de las cargas, hace que las losas estén sometidas a esfuerzos de tensión y compresión. La relación existente entre las deformaciones debido a las cargas y los esfuerzos de compresión, es muy baja como para incidir en el diseño del espesor de la losa. La relación entre la tensión y la flexión son mayores, situación que afecta el espesor de la losa.”

2.5.2.4.2.2.2.2 Capacidad Soporte de la Sub Rasante o de la Sub Base (k)

Según SIECA (2002)⁸⁹, *“Es el valor del Módulo de Reacción (k) de la capa de apoyo de un pavimento de concreto. Este valor se puede estimar por correlación con el CBR, ya que no es necesario tener un valor exacto de k, variaciones mayores de valor no afectan los espesores de diseño. Las sub bases son necesarias con el objeto de prevenir el efecto de succión, pero además incrementan la capacidad soporte del pavimento.”*

⁸⁷ Ibid, Cap. 7, Pág. 69.

⁸⁸ OSHIRO HIGA, F. El Cemento, El Concreto. La nueva tendencia en el uso del concreto. Pág. 43

⁸⁹ SIECA, Ob. Cit. Cap. 7, Pág. 70.

Tabla N° 23: Efectos de la Sub Base Granular sobre los valores de K

Valor de k para sub rasante		Valor de k para sub base							
		100 mm		150 mm		225 mm		300 mm	
MPa/m	Lb/pulg ³	MPa/m	Lb/pulg ³	MPa/m	Lb/pulg ³	MPa/m	Lb/pulg ³	MPa/m	Lb/pulg ³
20	73	23	85	26	96	35	117	38	140
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.⁹⁰

2.5.2.4.2.2.3 Período de diseño

Según SIECA (2002)⁹¹, “Algunos diseñadores consideran que la vida útil de un pavimento de concreto termina cuando el primer recapeo es colocado. La vida de un pavimento de concreto varía de menos de 20 años, en proyectos en que se tenga una carga de tráfico mayor a la asumida en el diseño, materiales malos o defectos de construcción a más de 40 años en otros proyectos en los que no se presentaron los defectos anteriormente mencionados.

El término de período de diseño suele considerarse algunas veces como sinónimo de “período de análisis de tráfico”, debido a que el tráfico probablemente no puede ser predicho con mucha certeza para un período de diseño de 20 años, para el diseño de pavimentos.

Sin embargo, hay casos en los que está económicamente justificado el uso de un período de diseño mayor o menor, como por ejemplo un tramo carretero que va a ser utilizado solamente por pocos años. En el caso de las autopistas urbanas y rurales, muchos diseñadores adoptan un rango de 30 a 35 años.

Del período de diseño seleccionado depende el diseño del espesor, determinando cuantos años va a responder el pavimento de forma adecuada. La selección del período de diseño es a criterio del diseñador y en base a un análisis económico, del costo del pavimento y el servicio brindado mediante el período completo.”

⁹⁰ Ibid. Cap. 7, Pág. 71.

⁹¹ Ibid. Cap. 7, Pág. 71.

2.5.2.4.2.2.4 Tráfico y Cargas de Diseño

Según SIECA (2002)⁹², “El número y peso de las cargas de ejes mayores esperados durante la vida de diseño, es el factor más importante en el diseño del espesor para pavimentos de concreto. Para el tráfico vehicular, se considera:

TPD (Tráfico promedio diario en ambas direcciones todos los vehículos).

TPDC (Tráfico promedio diario de camiones en ambas direcciones).

Carga de eje de camiones.

El dato necesario para obtener el tráfico de diseño, consiste en asumir tasas de crecimiento anual que relacionen factores de proyección.”

Tabla N° 24: Tasas anuales de crecimiento con sus correspondientes Factores de Proyección

Tasas de crecimiento anual de tráfico, %	Factores de proyección	
	20 años	40 años
1	1.1	1.2
1 ½	1.2	1.3
2	1.2	1.5
2 ½	1.3	1.6
3	1.3	1.8
3 ½	1.4	2.0
4	1.5	2.2
4 ½	1.6	2.4
5	1.6	2.7
5 ½	1.7	2.9
6	1.8	3.2

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.⁹³

Establece SIECA (2002)⁹⁴, “TPDC es un dato muy importante en el diseño de pavimentos, ya que incluye buses y camiones con 6 ruedas o más y excluye los vehículos que tienen hasta 4 ruedas.

Se recomienda, para propósitos de diseño, calcular el número total de vehículos pesados esperados durante el período de diseño.

⁹² Ibid. Cap. 7, Pág. 71.

⁹³ Ibid. Cap. 7, Pág. 72.

⁹⁴ Ibid. Cap. 7, Pág. 72.

Con frecuencia, se asume que las cargas y volúmenes de tráfico se distribuyen en partes iguales en las dos direcciones, pero esto no es completamente cierto, ya que puede suceder que la mayor parte de camiones viaje a plena carga en una dirección y regresen vacíos en la otra.”

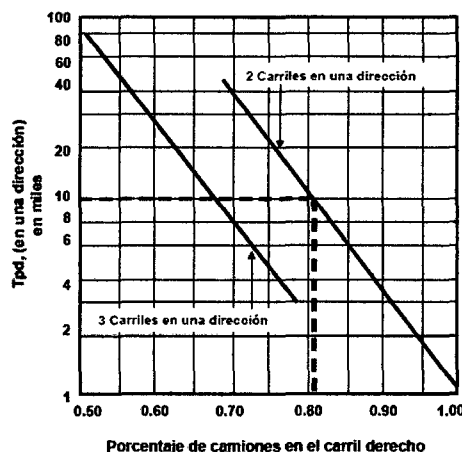


Figura N° 03: Porcentaje de Camiones en el Carril de Diseño en una Carretera de varios Carriles⁹⁵

2.5.2.4.2.2.5 Factor de seguridad de carga

SIECA (2002)⁹⁶, establece: “Las cargas de ejes determinadas en la sección anterior son multiplicadas por un factor de seguridad de carga (FSC). Los factores de seguridad de carga recomendados son:

Para proyectos interurbanos y otros de autopistas, en donde hay un tráfico interrumpido y alto volumen de camiones, FSC = 1.2

Para autopistas o calles arteriales en donde hay un moderado volumen de tráfico de camiones, FSC = 1.2

Para carreteras, calles residenciales y otras calles que soportan un volumen pequeño de tráfico de camiones, FSC = 1.0”

Según SIECA (2002)⁹⁷, “Aparte de los factores de seguridad de carga, se adopta un grado de seguridad en el procedimiento de diseño para

⁹⁵ Ibid. Cap. 7, Pág. 73.

⁹⁶ Ibid. Cap. 7, Pág. 74.

⁹⁷ Ibid. Cap. 7, Pág. 74.

compensar ciertos casos, como camiones sobrecargados no previstos y variaciones normales en las propiedades de los materiales de construcción y en capas del espesor.

En los rangos de nivel de carga de 1.1 ó 1.2 dan una mayor tolerancia para la posibilidad de camiones sobrecargados no previstos y volúmenes y altos niveles de servicio del pavimento más bien para pavimentos de servicio pesado. En casos especiales, la utilización de un factor de seguridad de carga tan alto como 1.3, puede estar justificado para mantener un nivel de servicio más alto que el normal, a través del período de diseño. Un ejemplo sería una autopista muy transitada que no tenga otra alternativa para el tráfico.”

2.5.2.4.2.2.6 Diseño de espesores

Según SIECA (2002)⁹⁸, “Existen formatos para el desarrollo del diseño del pavimento rígido, para los cuales se necesita el empleo de datos como:

- Tipo de hombros y juntas.
- Resistencia a la flexión del concreto (Módulo de Rotura).
- Módulo de reacción de la sub rasante (k).
- Factor de seguridad de carga (Fsc).
- Distribución de cargas por eje.
- Número de repeticiones esperadas de las diversas cargas por eje, en el carril de diseño, durante el período de diseño.”

2.5.2.4.2.2.7 Diseño de juntas

Según SIECA (2002)⁹⁹, “El objetivo principal es el control de la figuración y agrietamiento natural, que sufre el concreto durante el proceso constructivo y de uso. Tiene las siguientes funciones:

- Controla el agrietamiento transversal y longitudinal.

⁹⁸ Ibid. Cap. 7, Pág. 74.

⁹⁹ Ibid. Cap. 7, Pág. 74.

- Divide el pavimento en secciones, para el proceso constructivo.
- Permite el movimiento y alabeo de las losas, por efecto de las cargas de tránsito.
- Permite transferencia de cargas entre losas.

Afirma SIECA (2002)¹⁰⁰, "El sistema de juntas se diseña teniendo en cuenta: las siguientes consideraciones:

- Condiciones ambientales.
- Espesor de la losa.
- Sistema de transferencia de carga.
- Tránsito.
- Características de los materiales.
- Tipo de sub base.
- Características del material sellante.
- Diseño del hombro.

Existen diversos tipos de juntas, entre las más comunes:

- Juntas transversales de construcción.
- Juntas transversales de expansión.
- Juntas transversales de contracción.
- Juntas longitudinales de contracción.
- Juntas longitudinales de construcción."

2.5.2.4.2.2.7.1 Acero en las Juntas (Barras y Dowels)

Barras de amarre o de unión

Según Cemex (1999)¹⁰¹, "*Las barras de amarre se colocan a lo largo de la junta longitudinal para amarrar dos losas, con la finalidad de que se mantengan juntas y de que se asegure que la carga se transfiera a través de la junta.*"

¹⁰⁰ Ibid. Cap. 7, Pág. 95.

¹⁰¹ Cemex, Pavimentos de Concreto, Pág. 7.

Dowels

Las dimensiones y espaciamentos de los dowels se obtienen de la siguiente tabla.

Tabla N° 25: Diámetros y Longitudes recomendadas en Pasa juntas

Espesor de Losa		Barras Pasajuntas					
		Diámetro		Longitud		Separación	
cm	in	mm	in	cm	in	cm	in
13 a 15	5 a 6	19	3/4	41	16	30	12
15 a 20	6 a 8	25	1	46	18	30	12
20 a 30	8 a 12	32	1 1/4	46	18	30	12
30 a 43	12 a 17	38	1 1/2	51	20	38	15
43 a 50	17 a 20	45	1 3/4	56	22	46	18

Fuente: CEMEX.¹⁰²

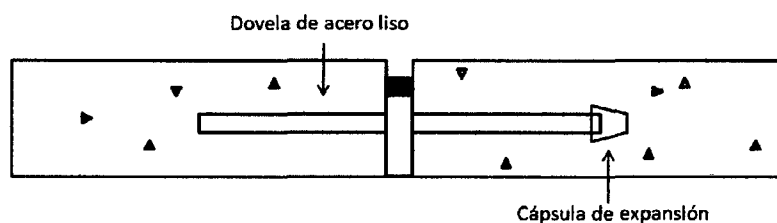


Figura N° 04: Detalle típico de DOWEL¹⁰³

2.5.2.4.2.2.7.2 Selladores de juntas

Según SIECA (2002)¹⁰⁴, "Utilizados con el propósito de minimizar la filtración de agua superficial dentro de las juntas y las capas subyacentes, así como la entrada de materiales incompresibles, que pueden ocasionar desportillamientos y daños mayores. Este proceso consiste en el aserrado de la losa, entre 2 y 4 horas después de su colocación, en los diámetros que se especifiquen; posteriormente se coloca el cordón de respaldo y sobre el mismo el material sellador. Los materiales de relleno y selladores para juntas deben ajustarse a las normas AASHTO."

¹⁰² Ibid, Pág. 131.

¹⁰³ MTC. Manual de Carreteras, Pág. 293.

¹⁰⁴ SIECA, Ob. Cit, Cap. 7, Pág. 101.

Tabla N° 26: Materiales más comunes para el Sellado de Juntas

Tipo de Sellador	Especificación
Selladores aplicados en caliente Asfalto polimérico	AASHTO M-173
Sellador polimérico	AASHTO M-301
Sellador elastomérico	AASHTO M-282
Sellos premoldeados Sellos de compresión	AASHTO M-220
Material de relleno Material de relleno premoldeado de fibra Material de relleno hule - espuma Material de relleno bituminoso	AASHTO M-213 AASHTO M-213 AASHTO M-213 AASHTO M-33

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002.¹⁰⁵

2.5.2.5 Mantenimiento para el Pavimento Rígido

Según IMCYC (1989)¹⁰⁶, “El tipo de programa para asegurar la calidad, necesario para establecer que el concreto producido, después de ser incorporado en la obra, satisface los requisitos de las especificaciones, depende de la naturaleza y el tamaño del proyecto. Para el mantenimiento de este tipo de pavimento, pueden enumerarse:

2.5.2.5.1 Reparaciones de profundidad parcial:

Según IMCYC (1989)¹⁰⁷, “Se realizan debido a la presencia de descascaramientos en las juntas del pavimento o en medio de las losas.

Estos descascaramientos suelen aparecer a lo largo de las juntas y grietas longitudinales, aunque son más comunes en las discontinuidades transversales. Éstos, en medio de la losa son debido al refuerzo de acero que se encuentra en la superficie de la misma.”

¹⁰⁵ Ibid, Cap. 7, Pág. 102.

¹⁰⁶ IMCYC, Recomendaciones para la construcción de pavimentos y bases de concreto. Pág. 45.

¹⁰⁷ IMCYC, Ob. Cit. Pág. 46.

2.5.2.5.2 Reparaciones de profundidad total

Afirma IMCYC (1989)¹⁰⁸, "Las losas, requieren de reparaciones de profundidad total, con el objeto de restaurar la integridad estructural del pavimento. Las grietas activas y las juntas deterioradas, son los problemas más comunes que se dan.

Las principales causas de agrietamiento de las losas son la repetición de cargas pesadas, los esfuerzos térmicos y la pérdida de soporte. El deterioro de las juntas se presenta por las tensiones de compresión excesivas que se generan por la presencia de partículas incompresibles en las juntas."

2.5.2.5.3 Fallas en Pavimentos Rígidos

Según Torres (2007)¹⁰⁹, "Las fallas, en los pavimentos rígidos, se deben principalmente a dos causas; la primera se debe a las deficiencias de la propia losa debido, por un lado, al concreto utilizado, haciendo referencia a los materiales y agregados; por otro lado se tienen los defectos estructurales de la losa, como podrían ser la mala colocación, insuficiente dotación de elementos de transmisión de carga, insuficiente resistencia ante las restricciones de fricción impuestas a los movimientos de la losa por la sub base, alabeo de las losas o mal comportamiento de las juntas de contracción o expansión."

Además indica Torres (2007)¹¹⁰, "Otra causa de falla, en los pavimentos rígidos, se refiere al inadecuado comportamiento estructural del conjunto de losa, sub base, sub rasante y aún terracería y terreno de cimentación. De este tipo son las fallas por bombeo, la distorsión general, la ruptura de esquinas o bordes, por falta del apoyo necesario y otras del mismo estilo.

Frecuentemente las fallas obedecen a una combinación de causas, antes que a una sola, de manera que los problemas de diagnóstico y corrección se hacen complicados. El uso de agregados inapropiados, no duraderos, se traduce en la aparición de grietas que comienzan por ser capilares, muy próximas y que se desarrollan con trayectorias semicirculares en torno a juntas o a los bordes de

¹⁰⁸ Ibid. Pág. 48.

¹⁰⁹ Torres, Ob. Cit. Pág. 179.

¹¹⁰ Ibid, Pág. 180.

las losas; el fenómeno es progresivo y suele terminar con la desintegración total de la losa.”

Acota Torres (2007)¹¹¹, “Otras causas de falla, que intervienen en la desintegración del concreto son su fabricación con mezclas con alto contenido de humedad, el uso de agregados con alto contenido de finos o los problemas comentados anteriormente. Durante el período de curado, los concretos sufren a veces agrietamientos excesivos por contracción; las grietas típicas de éste estilo son cortas y distribuidas al azar sobre la superficie de la losa, tanto en dirección longitudinal como en la transversal.”

Los agrietamientos causados por trabajo defectuoso de los pasa-juntas son debidos casi siempre a que estos elementos quedan mal lubricados y no permiten el movimiento para el que fueron diseñados.

El mal funcionamiento de juntas es otra causa de problemas, ya sea por la falta de éstas o el espaciamiento inadecuado en un trecho importante del pavimento. Naturalmente el concreto crea, por agrietamiento, sus propias juntas de contracción y expansión, surgiendo las mismas a espaciamientos irregulares, que generalmente no corresponde a una verdadera deficiencia estructural, en el sentido de que las grietas formadas liberan los esfuerzos y trabajan, en principio, como verdaderas juntas; este comportamiento puede no ser tan satisfactorio a largo plazo, pues las grietas naturales carecen de todo tratamiento o de los rellenos plásticos apropiados, de manera que en ellas el concreto se va disgregando, pulverizando y ejerciendo una acción auto-abrasiva que puede llegar a agrandar las grietas más allá de lo conveniente, pudiendo llegar a presentarse en ellas, fenómenos de bombeo.”

Asevera Torres (2007)¹¹², “Naturalmente la insuficiencia de espesor de las losas, conduce a su agrietamiento bajo la acción del tránsito. De los fenómenos en que se ve envuelto el material de la sub base, ya se ha mencionado el bombeo, que es el más importante.

¹¹¹ Ibid, Pág. 180.

¹¹² Ibid. Pag. 181

Conduce a la destrucción de las losas, sobre todo en zonas de esquina. En las losas de borde pueden desarrollarse agrietamientos más o menos paralelos al mismo, cuando el material de los hombros genera importantes restricciones al movimiento de las losas por fricción, lo que es común cuando dicho material es arenoso.”

2.5.3 Terminología Básica.

2.5.3.1 Afirmado.

Capa de material selecto procesado o semi procesado de acuerdo al diseño que se coloca sobre la sub rasante de una carretera, funciona como capa de rodadura y de soporte de tráfico en carreteras no pavimentadas.

2.5.3.2 Berma.

Franja longitudinal, pavimentada o no, comprendida entre el borde exterior de la calzada y la cuneta o talud.

2.5.3.3 Bombeo.

Pendiente transversal de la plataforma en tramos en tangente.

2.5.3.4 BM.

Es un punto topográfico de elevación fija que sirve de control para la construcción de carreteras de acuerdo a los niveles de proyecto. Generalmente está constituido por un hito o monumento.

2.5.3.5 Calzada.

Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos. Se compone de un cierto número de carriles.

2.5.3.6 Camino.

Vía terrestre para el tránsito de vehículos motorizados, peatonales y animales, con excepción de vías férreas.

2.5.3.7 Carretera.

Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

2.5.3.8 Carretera Pavimentada.

Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por material bituminoso (flexible) o de concreto portland (rígida).

2.5.3.9 Carretera no Pavimentada.

Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural.

2.5.3.10 Carril.

Franja longitudinal en que está dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales, y con ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

2.5.3.11 Curva de Transición.

Curva en planta que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular, o entre dos circulares de radio diferente.

2.5.3.12 Curva Vertical.

Curva en elevación que enlaza dos rasantes con diferente pendiente.

2.5.3.13 Derecho de Vía.

Faja de ancho variable dentro de la cual se encuentra comprendida la carretera y todas sus obras accesorias.

2.5.3.14 Despeje Lateral.

Explanación necesaria para conseguir una determinada distancia de visibilidad.

2.5.3.15 Diseño Geométrico.

Es el estudio geométrico de una carretera tomando como base el tráfico que soporta; el alineamiento de su eje, un conjunto de características técnicas y de seguridad que debe reunir para el tránsito vehicular y peatonal formando parte de una gestión inteligente.

2.5.3.16 Drenaje.

Conjunto de obras que tienen como fin evacuar las aguas superficiales y subterráneas que afectan a una vía.

2.5.3.17 Eje.

Línea que define el trazado en planta o perfil de una carretera, y que se refiere a un punto determinado de su sección transversal.

2.5.3.18 Escorrentía.

Agua de lluvia que discurre por la superficie del terreno.

2.5.3.19 Explanación.

Zona de terreno realmente ocupada por la carretera, en la que se ha modificado el terreno original.

2.5.3.20 Hidrología.

Ciencia que trata de las propiedades mecánicas, físicas y químicas de las aguas en general.

2.5.3.21 Índice Medio Diario (IMD).

Número promedio de vehículos medido en un período de 24 horas, del total de vehículos que pasan por una sección determinada de vía.

2.5.3.22 Índice Medio Diario Anual (IMDA).

El volumen de tránsito promedio ocurrido en un período de 24 horas promedio del año.

2.5.3.23 Impacto Ambiental.

Es la alteración o modificación del medio ambiente ocasionado por la acción del hombre o de la naturaleza que incluye los impactos socio ambiental.

2.5.3.24 Línea de Gradiente.

Es una línea quebrada que tiene una determinada pendiente y sirve para ubicar la posible poligonal que servirá de base para el estudio definitivo.

2.5.3.25 Pavimento.

Es la estructura construida sobre la subrasante, para los siguientes fines. Resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y Mejorar las condiciones de comodidad y seguridad para el tránsito.

2.5.3.26 Pendiente.

Inclinación de una rasante en el sentido de avance.

2.5.3.27 Peralte.

Inclinación transversal de la plataforma en los tramos en curva.

2.5.3.28 Plataforma.

Ancho total de la carretera a nivel de subrasante.

2.5.3.29 Ramal.

Vía que une las calzadas que confluyen en una intersección para solucionar los distintos movimientos de los vehículos.

2.5.3.30 Rasante.

Línea que une las cotas de una carretera terminada.

2.5.3.31 Sección Transversal.

Corte ideal de la carretera por un plano vertical y normal a la proyección horizontal del eje, en un punto cualquiera del mismo.

2.5.3.32 Señalización Vial.

Conjunto de elementos ubicados a lo largo de la carretera con el fin de brindar información gráfica para la orientación de seguridad de los usuarios.

2.5.3.33 Subrasante.

Superficie del camino sobre la que se construirá la estructura del pavimento.

2.5.3.34 Terraplén.

Parte de la explanación situada sobre el terreno original.

2.5.3.35 Tramo.

Con carácter genérico, cualquier porción de una carretera, comprendida entre dos secciones transversales cualesquiera. Con carácter específico, cada una de las partes en que se divide un itinerario, a efectos de redacción de proyectos.

2.5.3.36 Tránsito.

Todo tipo de vehículos y sus respectivas cargas, considerados aisladamente o en conjunto, mientras utilizan cualquier camino para transporte o para viaje.

2.5.3.37 Velocidad Directriz o de Diseño.

Es la máxima velocidad que puede mantener con seguridad sobre una sección determinada de vía. Cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño.

2.5.4 Marco Histórico.

Los habitantes de los pueblos de Cuñumbuqui y Estero, ubicados a lo largo de este tramo de carretera, se dedican principalmente a la producción de café y maíz para la venta y producción doméstica de plátano, yuca, y frutas diversas, así como a la ganadería (MINAG, 2012).

Por el tiempo transcurrido con poco mantenimiento periódico y sin rehabilitación, y debido a factores de tipo climático, en la actualidad este camino se encuentra en mal estado, la superficie de rodadura se encuentra deteriorada y no existe material de afirmado en la plataforma, la sección de la vía ha perdido su forma geométrica inicial, presentando actualmente formas encalaminadas a lo largo de la vía; esto no permite que exista un buen drenaje y ocasiona un deterioro acelerado de la vía, que ocasiona dificultad y lentitud en el desplazamiento de los vehículos para trasladar los productos agropecuarios y recibir servicios asistenciales de salud en otras localidades.

2.6 Hipótesis.

H_1 : El pavimento Rígido es el óptimo a utilizar para mejorar la transitabilidad en la carretera Cuñumbuqui- Estero de la provincia de Lamas, región San Martín.

H_0 : El pavimento Rígido no es el óptimo a utilizar para mejorar la transitabilidad en la carretera Cuñumbuqui- Estero de la provincia de Lamas, región San Martín.

III. MATERIALES Y METODOS.

3.1 Materiales.

3.1.1 Recursos Humanos

3.1.1.1 Estudio topográfico:

- 01 topógrafo (Tesista).
- 01 auxiliar libretista.
- 02 Ayudantes porta miras.
- 02 ayudantes wincheros.
- 02 ayudantes porta jalones.

3.1.1.2 Trabajo de gabinete

- 01 Tesista.
- 02 auxiliares de cómputo (vaciado, ordenamiento y selección de la información obtenida).

3.1.1.3 Estudio de suelos

- 01 Tesista.
- 01 Técnico de Laboratorio de Mecánica de Suelos.

3.1.2 Recursos Materiales.

3.1.2.1 Equipo de oficina:

- 01 Computadora
- 01 Impresora
- 01 Plotter

3.1.2.2 Equipo de campo:

- Estación Total
- 1 G.P.S. Garmin.
- Papel bond A-1
- Papel bond A-4
- 01 eclímetro
- 01 Wincha de 50 metros, Lápiz, Lapicero, Calculadora Manual.

3.1.3 Recursos de Equipos.

- Los Equipos de campo fueron facilitados por el Instituto Vial Provincial de Lamas.

3.1.4 Recursos Económicos.

- Los recursos económicos fueron financiados por el Tesista.

3.1.5 Recursos Tecnológicos.

Se procedió a la aplicación de los conocimientos adquiridos durante la formación académica profesional utilizando herramientas como:

- Hojas de cálculos varias de diseños hidráulicos, geométricos y estructurales de los elementos de la infraestructura vial.
- Programa asistido de dibujo (AUTOCAD 2010)

3.2 Metodología.

3.2.1 Universo, Muestra, Población.

La población está constituida por las carreteras del sistema vial provincial de Lamas, y la muestra la constituyen las carreteras de las localidades de Cuñumbuqui-Estero y sus comunidades cercanas.

3.2.2 Sistemas de Variables.

3.2.2.1 Variable Independiente.

- Pavimento Rígido.
- Pavimento Flexible.

3.2.2.2 Variable Dependiente.

- Diseño de espesores.

3.2.3 Diseño de la Investigación.

Diseño experimental. La recolección de datos y el análisis de los mismos en la comparación de pavimentos nos determinaran la mejor opción en cuanto a durabilidad y economía de pavimentos, por lo tanto este trabajo nos permitirá conocer el tipo de pavimento a elegir.

3.2.4 Diseño de Instrumentos.

Los instrumentos que se utilizaron fueron:

- Manual de Suelos y Pavimentos.
- Hojas de cálculo para diseño de espesores de pavimentos.
- El Manual de Diseño Geométrico de carreteras.
- Estudios de Suelos, canteras, fuentes de agua, concreto y asfalto.

3.2.5 Procesamiento de Información.

Se realizó la excavación de 11 calicatas a 1.50 m de profundidad, y luego del análisis, la clasificación de los suelos. Se obtuvo las resistencias del terreno (CBR), los cuales se introdujeron en la hoja de cálculo obteniendo los espesores. Se hicieron los diseños de Pavimento Flexible y Pavimento Rígido. Se procedió a ubicar las fuentes de Agua y Canteras y con los materiales disponibles se realizaron los ensayos de concreto y asfalto.

Se procedió así, con el cálculo de los presupuestos de ambos pavimentos utilizando los costos unitarios referenciales de la zona, según Chang (2,011) ¹¹³: “estimando los costos de mantenimiento y proyectando el balance económico en la vida útil de diseño de 20 años para cada uno. Los costos de la vida económica de las alternativas desarrolladas durante la fase de diseño”.

¹¹³ CHANG ALBITRES, C. “El Pavimento Urbano de Concreto como Estructura Sostenible”. ASOCEM, , págs. 8-11.

IV.RESULTADOS.

En este Capítulo se presenta los resultados obtenidos en la investigación, los cuales fueron obtenidos del estudio de suelos de un expediente realizado con anterioridad, con fines de mejoramiento del camino en estudio, los mismos que se detallan como siguen:

4.1 Ensayos de Laboratorio.

4.1.1 Exploración de Suelos y Obtención de Muestras

La forma más práctica para conocer el terreno de fundación es haciendo Exploraciones a cielo abierto en diferentes lugares del tramo.

4.1.1.1 Trabajos Realizados

4.1.1.1.1 Reconocimiento del Terreno

Según el reconocimiento del terreno ejecutado, se optó por 11 calicatas debido a la topografía accidentada, se observó cambios de tipos de suelos. Todas las excavaciones se realizaron a 1.50m. de profundidad.

Como también el reconocimiento geológico de taludes, inclinaciones, bolonerías y otras.

4.1.1.1.2 Excavación de Calicatas a lo largo de la carretera

- | | |
|--------------------|----------------------------------|
| 1. Calicata N° 01 | Km. 0+500 profundidad de 1.50 m. |
| 2. Calicata N° 02 | Km. 1+000 profundidad de 1.50 m |
| 3. Calicata N° 03 | Km. 1+500 profundidad de 1.50 m |
| 4. Calicata N° 04 | Km. 2+000 profundidad de 1.50 m |
| 5. Calicata N° 05 | Km. 2+500 profundidad de 1.50 m |
| 6. Calicata N° 06 | Km. 3+000 profundidad de 1.50 m |
| 7. Calicata N° 07 | Km. 3+500 profundidad de 1.50 m |
| 8. Calicata N° 08 | Km. 4+000 profundidad de 1.50 m |
| 9. Calicata N° 09 | Km. 4+500 profundidad de 1.50 m |
| 10. Calicata N° 10 | Km. 5+000 profundidad de 1.50 m |
| 11. Calicata N° 11 | Km. 5+500 profundidad de 1.50 m |

Cuadro N°01: Resultados de Estudios de Suelos Km. 0+500 al Km. 1+500

SUB RASANTE NATURAL	CAL. N° 01 - CAPA N° 02 Km. 0+500	CAL. N° 02 - CAPA N° 02 Km. 1+000	CAL. N° 02 - CAPA N° 03 Km. 1+000	CAL. N° 03 - CAPA N° 02 Km. 1+500	UNIDADES
C.B.R. al 95% de compactación	-	5.50	-	-	%
Proctor modificado					
Máxima Densidad	-	1.690	-	-	grs./cm3
Humedad Óptima %	-	18.60	-	-	%
% de Humedad Natural	43.70	48.61	28.79	44.24	%
Límites de Consistencias					
Límite Líquido	37.98	55.83	35.42	40.19	%
Límite Plástico	27.60	34.65	24.74	28.36	%
Índice de Plasticidad	10.38	21.18	10.68	11.83	%
Granulometría					
% pasa la malla N° 4	100.00	100.00	100.00	100.00	
% pasa la malla N° 10	99.98	99.96	99.95	100.00	%
% pasa la malla N° 40	99.86	98.55	99.49	99.92	%
% pasa la malla N° 200	96.98	88.98	86.41	96.09	%
Sistema Clasificación AASHTO	A-4(12)	A-7-5(20)	A-6(10)	A-6(14)	
Sistema de clasificación SUCCS	ML	MH	ML	ML	
Profundidad	0.20 – 1.50	0.60 – 1.10	1.10 – 1.50	0.90 – 1.50	M

Fuente: Elaboración Propia-Estudio de Suelos.

Cuadro N° 02: Resultados de Estudios de Suelos Km. 2+000 al Km. 3+000

SUB RASANTE NATURAL	CAL. N° 04 - CAPA N° 02 Km. 2+000	CAL. N° 05 - CAPA N° 02 Km. 2+500	CAL. N° 06 - CAPA N° 02 Km. 3+000	CAL. N° 06 - CAPA N° 03 Km. 3+000	UNIDADES
C.B.R. al 95% de compactación	9.40	-	6.10	-	%
Proctor modificado					
Máxima Densidad	1.850	-	1.740	-	grs./cm ³
Humedad Óptima %	13.40	-	17.60	-	%
% de Humedad Natural	26.41	40.38	29.67	22.23	%
Límites de Consistencias					
Límite Líquido	26.69	60.00	36.34	20.34	%
Límite Plástico	20.33	40.27	25.54	12.70	%
Índice de Plasticidad	6.36	19.92	10.80	7.65	%
Granulometría					
% pasa la malla N° 4	100.00	100.00	100.00	100.00	
% pasa la malla N° 10	100.00	99.96	99.94	99.99	%
% pasa la malla N° 40	99.98	99.77	99.82	99.56	%
% pasa la malla N° 200	79.06	98.91	88.53	41.45	%
Sistema Clasificación AASHTO	A-4(4)	A-7-5(20)	A-7(10)	A-4(0)	
Sistema de clasificación SUCCS	CL-ML	MH	ML	SC	
Profundidad	0.50 – 1.50	0.50 – 1.50	0.60 – 1.00	1.00 – 1.50	M

Fuente: Elaboración Propia-Estudio de Suelos.

Cuadro N° 03: Resultados de Estudios de Suelos Km. 3+500 al Km. 4+500

SUB RASANTE NATURAL	CAL. N° 07 - CAPA N° 02 Km. 3+500	CAL. N° 08- CAPA N° 02 Km. 4+000	CAL. N° 09 - CAPA N° 02 Km. 4+500	CAL. N° 09 - CAPA N° 03 Km. 4+500	UNIDADES
C.B.R. al 95% de compactación	-	6.30	-	-	%
Proctor modificado					
Máxima Densidad	-	1.745	-	-	grs./cm ³
Humedad Óptima %	-	17.40	-	-	%
% de Humedad Natural	29.61	25.56	28.63	41.40	%
Límites de Consistencias					
Límite Líquido	59.77	46.79	47.06	43.88	%
Límite Plástico	36.35	29.53	30.42	27.15	%
Índice de Plasticidad	23.42	17.26	16.64	16.73	%
Granulometría					
% pasa la malla N° 4	100.00	100.00	100.00	100.00	%
% pasa la malla N° 10	100.00	100.00	100.00	99.99	%
% pasa la malla N° 40	99.98	99.51	99.97	99.95	%
% pasa la malla N° 200	98.98	87.88	90.66	89.08	%
Sistema Clasificación AASHTO	A-7-5(20)	A-7-6(18)	A-7-5(18)	A-7-6(17)	
Sistema de clasificación SUCCS	MH	ML	ML	ML	
Profundidad	0.15 – 1.50	0.20 – 1.50	0.15 – 0.60	0.60 – 1.50	M

Fuente: Elaboración Propia-Estudio de Suelos.

Cuadro N° 04: Resultados de estudios de Suelos Km. 5+000 al Km. 5+500

SUB RASANTE NATURAL	CAL. N° 10 - CAPA N° 02 Km. 5+000	CAL. N° 11- CAPA N° 02 Km. 5+500	UNIDADES
C.B.R. al 95% de compactación	8.90	-	%
Proctor modificado			
Máxima Densidad	1.850	-	grs./cm3
Humedad Óptima %	13.30	-	%
% de Humedad Natural	24.71	41.52	%
Límites de Consistencias			
Límite Líquido	37.47	60.71	%
Límite Plástico	20.67	34.40	%
Índice de Plasticidad	16.80	26.31	%
Granulometría			
% pasa la malla N° 4	100.00	100.00	%
% pasa la malla N° 10	100.00	99.99	%
% pasa la malla N° 40	99.97	99.87	%
% pasa la malla N° 200	75.90	99.26	%
Sistema Clasificación AASHTO	A-6(12)	A-7-5(20)	
Sistema de clasificación SUCCS	CL	MH	
Profundidad	0.00 – 1.50	0.00 – 1.50	m

Fuente: Elaboración Propia-Estudio de Suelos.

4.1.1.1.3 Descripción de los Perfiles Estratigráficos

De los trabajos realizados en campo y en el laboratorio, se deduce las siguientes conformaciones:

Cuadro N°05: Descripción de Perfiles Estratigráficos

CALICATA	CAPA	CONFORMACIÓN	CLASIFICACIÓN	
			SUCS	AASHTO
N° 01 (KM 0 + 500)	0.00 a 0.10 m.	capa de mejoramiento con materia orgánica		-
	de 0.10 a 1.50 m	Conformado por Limo semi compacto, de color marrón claro de compresibilidad media y de alta plasticidad.	ML	A-4(12).
N° 02 (KM 1+ 000)	0.00 a 0.60 m.	capa de relleno con material propio	-	-
	0.60 a 1.10 m	Conformado por un Limo elástico semi compacto, de color marrón oscuro de compresibilidad media y de alta plasticidad.	MH	A-7-5(20)
	1.10 a 1.50 m	Conformado por un Limo semi compacto, de color marrón claro de compresibilidad media y de regular plasticidad.	ML	A-6(10).
N° 03 (KM 1 + 500)	0.00 a 0.90 m.	capa de relleno con material propio	-	-
	0.90 a 1.50 m	Conformado por un Limo semi compacto, de color marrón claro de compresibilidad media y de alta plasticidad.	ML	- A-6(14)

CALICATA	CAPA	CONFORMACIÓN	CLASIFICACIÓN	
			SUCS	AASHTO
N° 04 (KM 2 + 000)	0.00 a 0.50 m	capa de relleno con material propio	-	-
	de 0.50 a 1.50 m	Conformado por una Arcilla limosa semi compacto, de color marrón claro de compresibilidad media y de regular plasticidad.	CL-ML	A-4(4)
N° 05 (KM 2 + 500)	0.00 a 0.50 m	capa de relleno con material propio	-	-
	de 0.50 a 1.50 m	Conformado por una Arcilla limosa semi compacto, de color marrón claro de compresibilidad media y de regular plasticidad.	MH	A-7-5(20)
N° 06 (KM 3 +000)	0.00 a 0.60 m.	capa de relleno con material propio	-	-
	0.60 a 1.00 m	Conformado por un Limo semi compacto, de color marrón oscuro de compresibilidad media y de alta plasticidad.	ML	A-6(10)
	de 1.00 a 1.50 m.	Conformado por una Arena arcillosa semi compacto, de color marrón de compresibilidad media y de ligera plasticidad.	SC	A-4(0)
N° 07 (KM 3 +500)	0.00 a 0.15 m.	capa de materia orgánica	-	-
	de 0.15 a 1.50 m.	Conformado por un Limo elástico semi compacto, de color marrón claro de compresibilidad media y de alta plasticidad.	MH	A-7-5(20)
N° 08 (KM 4 +000)	0.00 a 0.20m	relleno con material propio	-	-
	de 0.20 a 1.50 m	Conformado por un Limo semi compacto, de color marrón claro de compresibilidad media y de alta plasticidad.	ML	A-7-6(18)

CALICATA	CAPA	CONFORMACIÓN	CLASIFICACIÓN	
Nº 09 (KM 4 +500)	0.00 a 0.15 m.	capa de materia orgánica	-	-
	de 0.15 a 0.60 m.	Conformado por un Limo semi compacto, de color marrón de compresibilidad media y de alta plasticidad.	ML	A-7-5(18)
	de 0.60 a 1.50 m	Conformado por un Limo semi compacto, de color marrón oscuro de compresibilidad media y de alta plasticidad.	ML	A-7-6(17)
Nº 10 (KM 5 +000)	de 0.00 a 1.50 m	Conformado por una Arcilla plástica semi compacto, de color marrón claro de compresibilidad media y de alta plasticidad.	CL	A-6(12)
Nº 11 (KM 5 +500)	de 0.00 a 1.50 m	Conformado por un Limo elástico semi compacto, de color marrón claro de compresibilidad media y de alta plasticidad.	CL	A-7-5(20)

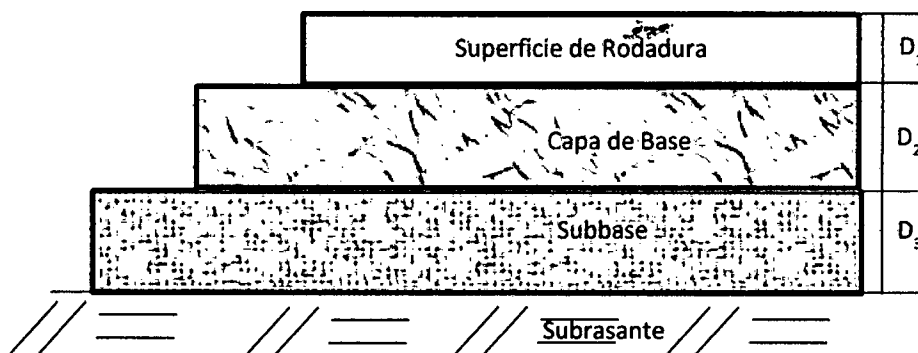
Fuente: Elaboración Propia- Estudio de Suelos.

4.2 Diseños Preliminares.

4.2.1 Pavimento Flexible.

A continuación se presentan los resultados de los diseños de espesores del pavimento flexible. Se procedió a realizar la metodología presentada en el ítem 3.2.

Gráfico N° 01: Resumen de espesores de diseño de pavimento Flexible



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 06: Espesores finales de pavimento Flexible

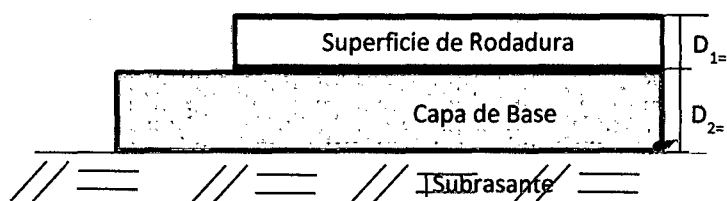
Km.	Superficie de Rodadura (D1)	Base (D2)
0+000-1+000	0.07 m.	0.21 m.
1+000-2+000	0.07 m.	0.16 m.
2+000-3+000	0.07 m.	0.20 m.
3+000-4+000	0.07 m.	0.20 m.
4+000-5+000	0.07 m.	0.16 m.

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2 Pavimento Rígido.

A continuación se presentan los resultados de los diseños de espesores del pavimento flexible. Se procedió a realizar la metodología presentada en el ítem 3.2.

Gráfico N° 02: Resumen de espesores de Diseño de Pavimento Rígido



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 07: Espesores finales de pavimento Rígido

Km.	Superficie de Rodadura (D1)	Base (D2)
0+000-1+000	0.10 m.	0.15 m.
1+000-2+000	0.09 m.	0.15 m.
2+000-3+000	0.10 m.	0.15 m.
3+000-4+000	0.10 m.	0.15 m.
4+000-5+000	0.09 m.	0.15 m.

Fuente: Elaboración Propia

4.3 Resultados de la Comparación Cualitativa.

4.3.1 Comparación de Cualidades de ambos Pavimentos.

Cuadro N° 08: Comparación cualitativa entre pavimento flexible y rígido

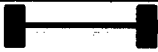

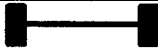





PAVIMENTO FLEXIBLE	PAVIMENTO RÍGIDO
Distribuyen adecuadamente las cargas producidas por el tránsito, para lo cual deben tener el espesor adecuado	Alta resistencia al desgaste. Mayor durabilidad siempre y cuando esté bien diseñada y ejecutada.
Mayor elasticidad, por lo que maltrata menos a los vehículos pero se deforma más aceleradamente con vehículos pesados	Gran rigidez, asegura reparto de cargas sobre capas inferiores
Mayor costo de mantenimiento	Menos costo de mantenimiento
Puede ser afectado por aceites, materias fecales u otros agentes químicos	Resistencia a acción de sustancias que afectan al pavimento flexible
Pierde resistencia y consistencia con los cambios de temperatura	Resistencia a los cambios de temperatura
Mayor impermeabilidad, para garantizarla se debe asegurar buen sistema de drenaje	Menos costo, en caso de suelos con baja capacidad de soporte

Fuente: Elaboración Propia

4.4 Resultados de la Comparación Cuantitativa.

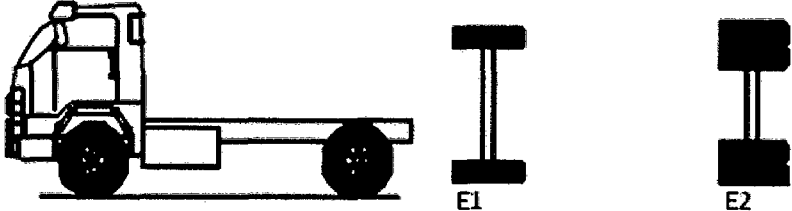
4.4.1 Estudio de Tráfico Vehicular y cálculo de ejes equivalentes para cada tipo de pavimento.

Cuadro N° 09: Relación de Cargas por eje para determinar los Ejes Equivalentes (EE) para afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos y Rígidos

TIPO DE EJE	GRÁFICO	Eje equivalente para pavimentos Flexibles y Semirrígidos ($EE_{8.2Tn}$)	Eje equivalente para pavimentos Rígidos ($EE_{8.2Tn}$)
Eje Simple de Ruedas Simples	 (02 neumáticos)	$EE_{S1} = \left(\frac{P}{6.6}\right)^4$	$EE_{S1} = \left(\frac{P}{6.6}\right)^{4.1}$
Eje Simple de Ruedas Dobles	 (04 neumáticos)	$EE_{S2} = \left(\frac{P}{8.2}\right)^4$	$EE_{S2} = \left(\frac{P}{8.2}\right)^{4.1}$
Eje Tandem (1 eje rueda simple + 1 eje rueda doble)	  (06 neumáticos)	$EE_{TA1} = \left(\frac{P}{14.8}\right)^4$	$EE_{TA1} = \left(\frac{P}{13}\right)^{4.1}$
Eje Tandem (2 ejes rueda doble)	 (08 neumáticos)	$EE_{TA2} = \left(\frac{P}{15.1}\right)^4$	$EE_{TA2} = \left(\frac{P}{13.3}\right)^{4.1}$
Eje Tridem (1 eje rueda simple + 2 ejes rueda doble)	  (10 neumáticos)	$EE_{TR1} = \left(\frac{P}{20.7}\right)^{3.9}$	$EE_{TR1} = \left(\frac{P}{16.6}\right)^4$
Eje Tridem (3 ejes rueda doble)	 (12 neumáticos)	$EE_{TR2} = \left(\frac{P}{21.8}\right)^{3.9}$	$EE_{TR2} = \left(\frac{P}{17.5}\right)^4$

Fuente: Elaboración Propia / Manual de Carreteras aprobado con Resolución Directoral N° 05-2013-MTC/14
Combinación de Cuadro 6.3 y 6.4 con la imagen 6.1.

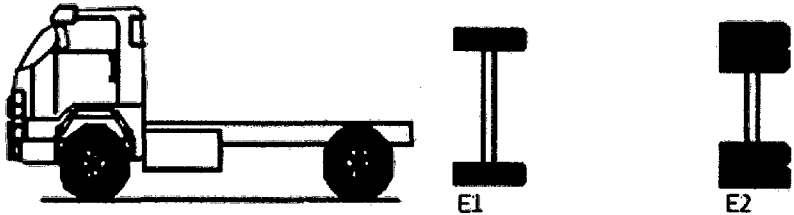
Cuadro N° 10: Cálculo de factores de equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión C2-Pavimento Flexible

CONFIGURACIÓN VEHICULAR	DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE LOS VEHICULOS							LONG. MAXIMA (m.)
C2								12.30
	$EE_{S1} = \left(\frac{P}{6.6}\right)^4$	$EE_{S2} = \left(\frac{P}{8.2}\right)^4$						
EJES	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
CARGAS SEGÚN CENSO DE CARGA (Ton.)	7	11						
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple						
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble						
Peso	7	11						
Factor E.E.	1.265	3.238						
								TOTAL FACTOR CAMION C2
								4.503

Cuadro N° 11: Cálculo de factores de equivalencia por eje y factor Vehículo Camión C3-Pavimento Flexible

CONFIGURACIÓN VEHICULAR	DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE LOS VEHICULOS							LONG. MAXIMA (m.)
C3								13.20
	$EE_{S1} = \left(\frac{P}{6.6}\right)^4$	$EE_{TA2} = \left(\frac{P}{15.1}\right)^4$						
EJES	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
CARGAS SEGÚN CENSO DE CARGA (Ton.)	7	9	9					
CARGAS SEGÚN CENSO DE CARGA (Ton.)	7	18						
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Tandem						
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble						
Peso	7	18						
Factor E.E.	1.265	2.019						
								TOTAL FACTOR CAMION C2
								3.284



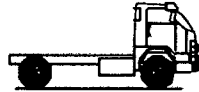
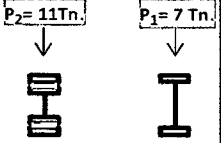

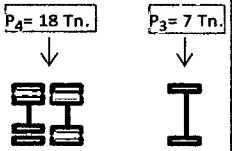
Cuadro N° 12: Cálculo de factores de equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión C2-Pavimento Rígido

CONFIGURACIÓN VEHICULAR	DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE LOS VEHICULOS							LONG. MAXIMA (m.)
C2								12.30
	$EE_{S1} = \left(\frac{P}{6.6}\right)^{4.1}$	$EE_{S2} = \left(\frac{P}{8.2}\right)^{4.1}$						
EJES	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
CARGAS SEGÚN CENSO DE CARGA (Ton.)	7	11						
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple						
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble						
Peso	7	11						
Factor E.E.	1.273	3.335						
								TOTAL FACTOR CAMION C2
								4.608

Cuadro N° 13: Cálculo de factores de equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión C3-Pavimento Rígido

CONFIGURACIÓN VEHICULAR	DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE LOS VEHICULOS							LONG. MAXIMA (m.)
C3								13.20
	$EE_{S1} = \left(\frac{P}{6.6}\right)^{4.1}$	$EE_{TA2} = \left(\frac{P}{13.3}\right)^{4.1}$						
EJES	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
CARGAS SEGÚN CENSO DE CARGA (Ton.)	7	9	9					
CARGAS SEGÚN CENSO DE CARGA (Ton.)	7	18						
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Tandem						
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble						
Peso	7	18						
Factor E.E.	1.273	3.458						
								TOTAL FACTOR CAMION C2
								4.731

Cuadro N° 14: Cálculo de Ejes Equivalentes para Pavimento Flexible y Rígido

TIPO DE VEHICULO	CANTIDAD DE VEHICULOS (IMD)	FACTOR DE CRECIMIENTO (Fca)	FACTOR DE PRESIÓN DE NEUMÁTICOS (Fp)	FACTOR VEHICULO PESADO (Fvp)-Pav. Fexible	FACTOR VEHICULO PESADO (Fvp)-Pav. Rígido	A*B*C*D	A*B*E	F*182.5 ⁽¹¹⁾	G*182.5 ⁽¹¹⁾
						N° DE REPETICIONES EE _F . PAV. FLEXIBLE	N° DE REPETICIONES EE _R . PAV. RIGIDO	N° DE REPETICIONES EE PAV. FLEXIBLE	N° DE REPETICIONES EE PAV. RIGIDO
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
AUTOS: 	8	1.60⁽¹⁾ 23.35 ⁽⁸⁾	2.31 ⁽¹⁰⁾	0.0002 ⁽²⁾	0.0002 ⁽²⁾	0.0863016	0.03736	15.750042	6.8182
	8	23.35	2.31	0.0002	0.0002				
CAMIONETAS: 	13	1.60⁽¹⁾ 23.35 ⁽⁸⁾	2.31 ⁽¹⁰⁾	0.0002 ⁽²⁾	0.0002 ⁽²⁾	0.1402401	0.06071	25.59381825	11.079575
	13	23.35	2.31	0.0002	0.0002				
CAMIONES: C2  	2	3.60⁽³⁾ 28.57 ⁽⁹⁾	2.31 ⁽¹⁰⁾	4.503 ⁽⁴⁾	4.608 ⁽⁵⁾	594.3662802	263.30112	108471.8461	48052.4544
	2	28.57	2.31	4.503	4.608				
CAMIONES: C3  	2	3.60⁽³⁾ 28.57 ⁽⁹⁾	2.31 ⁽¹⁰⁾	3.284 ⁽⁶⁾	4.731 ⁽⁷⁾	433.4663256	270.32934	79107.60442	49335.10455
	2	28.57	2.31	3.284	4.731				
Fuente : Elaboración Propia						N rep. de EE _{8.2 Tn.} =	187620.7944	97405.45673	

Donde:

1. *T. Crecimiento Anual de Veh. de Pasajeros (rvp .) = T. de Crecimiento anual de la Población en el Distrito de Cuñumbuque (rpob.) = 1.60% / POE LAMAS-2008 / I.N.E.I - Censo 2007*

2. *Referencia Manual Centroamericano Cap. 3 Pag. 9, Tabla 3-4 para una carga/eje simple (kips)=2, SN=4, Pt=2.5; el Fvp=0.0002. Pt representa la Perdida de Serviciabilidad Final*

3. *T. Crecimiento Anual de Veh. de Carga (rvc) = Tasa de Crecimiento anual del P.B.I del Departamento de San Martin(rpbi) = 3.60% / Informe Técnico N°01-Agosto 2010 – I.N.E.I*

$$4. (P1/6.6)^4 + (P2/8.2)^4 = 1.265 + 3.238 = 4.503$$

$$5. (P1/6.6)^{4.1} + (P2/8.2)^{4.1} = 1.273 + 3.335 = 4.608$$

$$6. (P3/6.6)^4 + (P4/15.1)^4 = 1.265 + 2.019 = 3.284$$

$$7. (P3/6.6)^{4.1} + (P4/13.3)^{4.1} = 1.273 + 3.458 = 4.731$$

8. *Cuadro 6.2: Factores de Crecimiento Acumulado (Fca), $F_c = [(1+r)^n - 1]/r$; para $r=1.60$ y $n=20$ se tiene $F_c = 23.35$. (Manual de Carreteras aprobado con Resolución Directoral N° 05-2013-MTC/14, pag. 77)*

9. *Cuadro 6.2: Factores de Crecimiento Acumulado (Fca), $F_c = [(1+r)^n - 1]/r$; para $r=3.60$ y $n=20$ se tiene $F_c = 28.57$. (Manual de Carreteras aprobado con Resolución Directoral N° 05-2013-MTC/14, pag. 77)*

10. *Se tomó como muestra la llanta tipo T839, que posee una presión normal d 120 psi, ubicando este valor en el cuadro 6.13 del Manual de Carreteras aprobado con Resolución Directoral N° 05-2013-MTC/14, pag. 85, para un espesor de capa de rodadura= 50 mm, y presión normal =120 psi, se tiene $PCN = 0.90 * 120 = 108$, con lo que se obtiene: $F_p = 2.31$.*

11.- *Coeficiente 182.5 viene de la ecuación EE simplificada, donde se incorpora el F_d y F_c .*

4.4.2 Mantenimiento Vial.

4.4.2.1 Mantenimiento de Pavimento Flexible

Cuadro N° 15: Costo de Mantenimiento Pavimento Flexible

PARTIDA	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	PARCIAL
Conservación de Calzada y Vereda				
Parchado	m2	1921.50	50	96,075.00
Drenajes				
Limpieza de Cunetas y Alcantarillas	ml	1,907.37	1	1,907.37
Señalización				
Mantenimiento de Señalización	m2	140.75	5	703.75
Costo anual de Mantenimiento Rutinario				98,686.12
COSTO de Mantenimiento Periódico (Frecuencia cada 4 años)				296,058.36

Fuente: Elaboración Propia

4.4.2.2 Mantenimiento de Pavimento Rígido

Cuadro N° 16: Costo de Mantenimiento Pavimento Rígido

PARTIDA	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	PARCIAL
Conservación de Calzada				
Reparación	m2	192.15	60	11,529.00
Sellado de juntas	MI	100	10	1,000.00
Drenajes				
Limpieza de Cunetas y Alcantarillas	ml	1,907.37	1	1,907.37
Señalización				
Mantenimiento de Señalización	m2	140.75	5	703.75
Costo anual de Mantenimiento Rutinario				16,940.12
COSTO de Mantenimiento Periódico (Frecuencia cada 7 años)				50,820.36

Fuente: Elaboración Propia

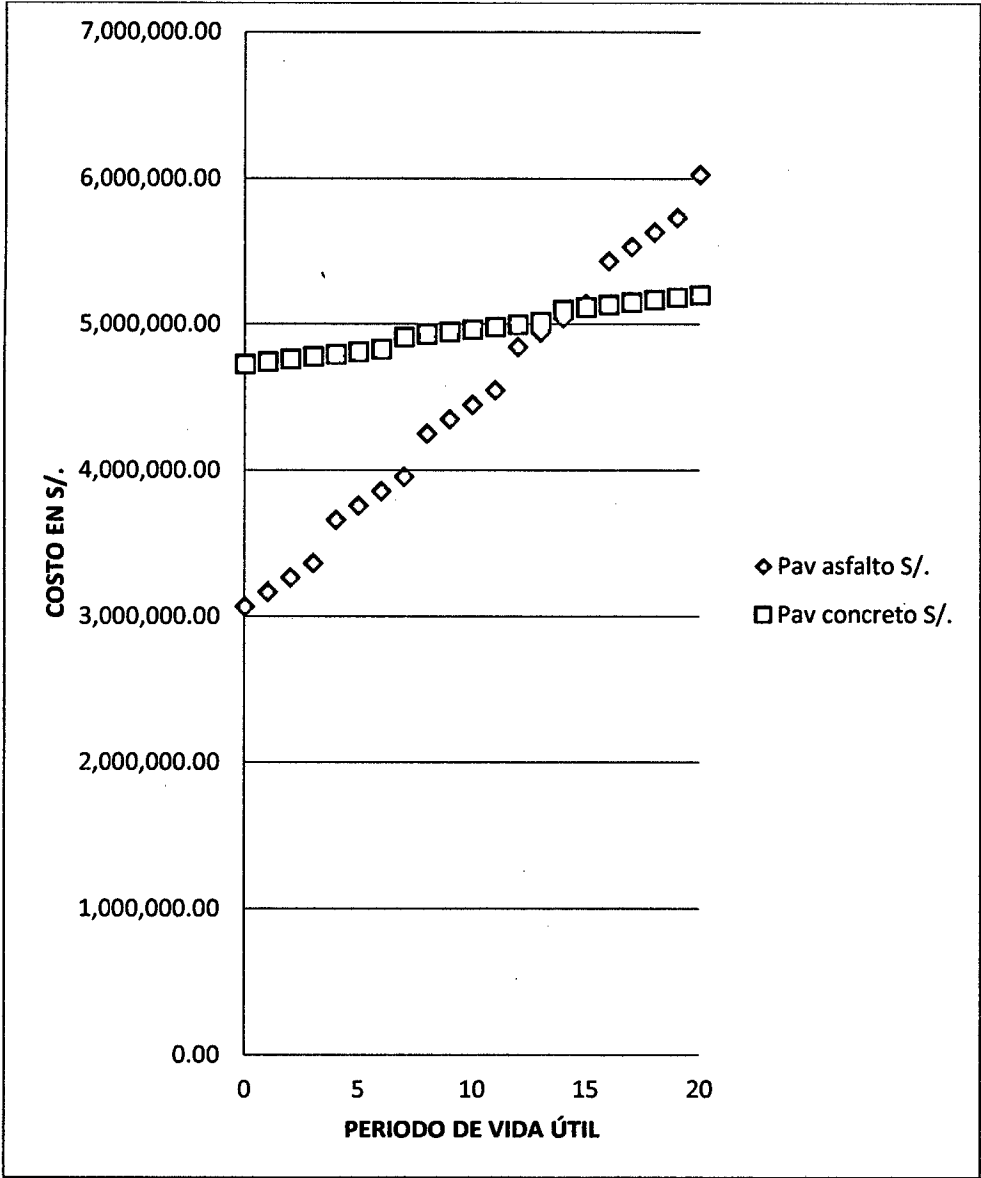
4.4.3 Resultados del Estudio Económico.

Cuadro N° 17: Proyección de Costos Acumulados

Año	Pavimento Flexible S/.	COSTO ACUMULADO	Pavimento Rígido S/.	COSTO ACUMULADO
0	3,065,187.38	3,065,187.38	4,724,478.88	4,724,478.88
1	98,686.12	3,163,873.50	16,940.12	4,741,419.00
2	98,686.12	3,262,559.62	16,940.12	4,758,359.12
3	98,686.12	3,361,245.74	16,940.12	4,775,299.24
4	296,058.36	3,657,304.10	16,940.12	4,792,239.36
5	98,686.12	3,755,990.22	16,940.12	4,809,179.48
6	98,686.12	3,854,676.34	16,940.12	4,826,119.60
7	98,686.12	3,953,362.46	84,700.60	4,910,820.20
8	296,058.36	4,249,420.82	16,940.12	4,927,760.32
9	98,686.12	4,348,106.94	16,940.12	4,944,700.44
10	98,686.12	4,446,793.06	16,940.12	4,961,640.56
11	98,686.12	4,545,479.18	16,940.12	4,978,580.68
12	296,058.36	4,841,537.54	16,940.12	4,995,520.80
13	98,686.12	4,940,223.66	16,940.12	5,012,460.92
14	98,686.12	5,038,909.78	84,700.60	5,097,161.52
15	98,686.12	5,137,595.90	16,940.12	5,114,101.64
16	296,058.36	5,433,654.26	16,940.12	5,131,041.76
17	98,686.12	5,532,340.38	16,940.12	5,147,981.88
18	98,686.12	5,631,026.50	16,940.12	5,164,922.00
19	98,686.12	5,729,712.62	16,940.12	5,181,862.12
20	296,058.36	6,025,770.98	16,940.12	5,198,802.24

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Gráfico N° 03: Comparación Cuantitativa entre Pavimento Flexible y Rígido



Fuente: Elaboración Propia

V. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

5.1 De la Comparación Cualitativa.

- **Costos Totales Inferiores:** Al comparar diferentes alternativas de pavimentación en valor presente neto, generalmente el pavimento rígido resulta más barato. Esto se debe principalmente a que los costos de mantenimiento del pavimento rígido son mucho menores (usualmente sólo se requiere subsanar detalles de sellado de juntas a intervalos de 5 a 10 años). Por otra parte, el pavimento de Concreto tiene una vida útil más larga que el pavimento asfáltico.
- **Costo de Operación de la Carretera:** Los pavimentos de concreto al tener una superficie plana alargan la vida de los vehículos, evitando que se dañen y minimizando su mantenimiento. El costo de consumo de combustible se reduce hasta en un 20% para camiones tipo trailer.
- **Costo Social de Mantenimiento:** Para el recapado periódico de los pavimentos de asfalto, se requiere ejecutar desvíos que perjudican a vecinos y usuarios. En las construcciones con hormigón se minimizan éstos aspectos.
- **Fuga de divisas:** Los asfaltos de uso vial, son importados, originando una fuga de divisas. Se puede conseguir mejores resultados con materiales nacionales, movilizand o nuestra economía y generando fuentes de trabajo.
- **Facilidad de Construcción:** Las plantas dosificadoras – mezcladoras de hormigón junto al uso de pavimentadoras deslizantes reducen significativamente los costos de construcción.
- **Durabilidad:** Las superficies de concreto duran más. Estadísticamente se ha demostrado que las carreteras de hormigón han soportado hasta tres veces su capacidad de carga de diseño y en pavimentos de aeropuertos, el doble. El concreto incrementa su resistencia con el tiempo.
- **Resistencia:** El concreto resiste sin sufrir deterioros los derrames de gasolina y diesel, así como los efectos de la intemperie. Los pavimentos de concreto transmiten bajas presiones al suelo de fundación.
- **Resistencia a altas temperaturas:** El concreto no es afectado por el calor, no se vuelve pegajoso, ni se volatilizan algunos de sus ingredientes (no es contaminante). En zonas calurosas, (especialmente en áreas urbanas) se mantiene fresco, reduciendo la temperatura del entorno.

5.2 De la Comparación Cuantitativa.

Se realizó el cálculo del costo directo de cada alternativa, posteriormente se procedió a estimar el costo de mantenimiento para ambos pavimentos.

El costo del mantenimiento anual del pavimento flexible fue estimado el 5% de deterioro de la superficie de rodadura, para el costo de mantenimiento con frecuencia de ejecución de 4 años, fue considerado el triple del costo anual. El costo del mantenimiento anual del pavimento rígido fue considerado el 0.5% de deterioro de la superficie de rodadura, para el costo de mantenimiento con frecuencia de ejecución de 7 años, fue considerado el triple del costo anual.

De esta manera, se obtuvo el cuadro n° 17, que muestra la acumulación de costos a lo largo del periodo de diseño de cada proyecto de 20 años. Del cuadro N°17 se pudo comprobar que el costo inicial del pavimento rígido es mucho más alto que el del pavimento flexible. Por tanto a lo largo de su periodo de vida útil, cada tipo sufrirá deterioros considerables los cuales se verán reflejados en los costos de mantenimiento.

Cabe resaltar que estos costos de mantenimientos fueron estimados a criterio del Tesista, ya que para estimaciones más precisas de costos de mantenimiento, existen modelos probabilísticos que permiten estimar de una manera más certera, la cuantificación de los deterioros durante la vida útil, tal es el caso de la evaluación de proyectos viales con el programa HDM-4.

5.3 Selección de Alternativas.

De los resultados de comparación cualitativa y cuantitativa, se tiene que, el pavimento rígido es el adecuado por ser el más económico y brindar mejores condiciones de durabilidad y resistencia.

5.4 Contrastación de Hipótesis.

De los resultados obtenidos, se pudo comprobar que la hipótesis:

H₁: El pavimento Rígido es el óptimo a utilizar para mejorar la viabilidad en la carretera Cuñumbuqui- Estero de la provincia de Lamas, región San Martín.

Es el que se cumple, por lo que se acepta, rechazándose la hipótesis alterna.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones.

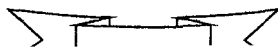
- Se logró ejecutar un análisis técnico cualitativo y cuantitativo tanto para pavimentos rígidos como flexibles en la carretera Cuñumbuqui-Estero de la provincia de Lamas, región San Martín. Esto se reflejó en la obtención de la resistencia del terreno, el flujo vehicular y las características de los materiales a utilizar.
- Se logró analizar desde el punto de vista económico tanto para pavimentos rígidos como flexibles en la carretera Cuñumbuqui-Estero de la provincia de Lamas, región San Martín. El pavimento rígido resultó el más económico cuyo monto asciende a S/. 5'198,802.24 y el pavimento flexible asciende a S/. 6'025,770.98.
- Se comprobó que el pavimento de mejor desempeño es el rígido en cuanto a ambos factores, tanto el técnico como el económico, entre los pavimentos rígidos y flexibles en la carretera en estudio.

6.2 Recomendaciones.

- Puede verse, en el análisis realizado, que el costo del pavimento rígido es más bajo que el del pavimento flexible; en cuanto se refiere al periodo de diseño. Para ello debe tomarse en cuenta que se realizó la comparación tomando en consideración los mismos parámetros de diseño, en cuanto a cargas, tipo de subrasante, especificaciones de materiales y tiempo.
- Se recomienda que al momento de realizar la evaluación post construcción, deben tener en cuenta los factores de diseño inicial para poder realizar el reajuste respectivo.
- Uno de los factores impredecibles que se encontraron y que limitaron la ejecución de la presente tesis, fue el mantenimiento preventivo, ya que la frecuencia de estos, se calcularon con estimaciones basadas en las experiencias

adquiridas de diversas empresas constructoras dedicadas a la rama de carreteras.

- Hablando en sentido constructivo, ambos pavimentos cumplen con todos los requisitos para brindar un buen servicio a través de su vida útil; tomando en consideración que la ejecución de ambos conlleva un estricto control de calidad que garantice durabilidad y buen funcionamiento. Siendo indispensable, para que esto se cumpla, un apropiado programa de mantenimiento que garantice su conservación.
- El tema de mantenimientos en pavimentos en el Perú, cuenta con muy poca base de datos, por lo que se han adaptados parámetros en función de otros lugares (Brasil, México, Holanda), los cuales se aplican haciendo uso del programa HDM, el cual permite encontrar modelos de deterioro probabilísticos. Se recomienda a las futuras generaciones realizar dicha investigación, con los equipos necesarios y los laboratorios de nuestra Universidad.
- Para lograr un óptimo diseño de espesores de pavimentos es necesario conocer las características propias de la zona, tales como: la resistencia del suelo, la cantidad de vehículos que transitan y las características de los materiales.
- Para la realización del presupuesto, no se tuvo en cuenta el diseño de las cunetas ni alcantarillas, ya que para ambos casos la diferencia es la misma y se simplifican en la comparación del costo directo.
- Para la realización del presupuesto, no se tuvo en cuenta el área superior de cada sección a trabajar para el cálculo de movimiento de tierras, ya que para ambos casos la diferencia es la misma y se simplifican en la comparación de costo directo.



VII. BIBLIOGRAFÍA

ABANTO CASTILLO, Flavio. "Tecnología del Concreto. Teoría y Problemas". Editorial San Marcos, 1° ed., Lima, 2009.

ACI-IMCYC, 1989. "Durabilidad del Concreto". Editorial Limusa, 1° ed., México, 1989.

BECERRA SALAS, Mario R. "Análisis Comparativo de las Alternativas de Pavimentación", 4to Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto, Guayaquil, 2012.

CEMEX, "Pavimentos de Concreto", Cemex, 1° ed., México. 1999.

CESPEDES ABANTO, José. "Los Pavimentos en las Vías Terrestres", Universidad Nacional de Cajamarca, 1° Ed., Cajamarca, 2002.

CHANG ALBITRES, Carlos. "El Pavimento Urbano de Concreto como Estructura Sostenible". ASOCEM, 2011.

GRANDEZ VELA, Gardel. Tesis: "Diseño Geométrico y Pavimento de la Carretera Tabalosos-Pinto Recodo", Morales, 2010.

IBAÑEZ, Walter. "Costos y Tiempo en Obras Viales", Editorial Macro, Primera Edición, Lima, 2012.

IMCYC, "Recomendaciones para la construcción de pavimentos y bases de concreto", Editorial Limusa, 1° ed., México, 1989.

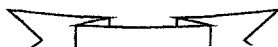
KRAEMER, Carlos y Otros, "Ingeniería de Carreteras: Volumen II". Editorial Mc. Graw Hill, 1° ed., España, 2004.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, "Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG – 2013)", Perú, 2013.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, "Manual de Carreteras: Suelos, Geotecnia y Pavimentos", Perú, 2013.

MONCAYO V., Jesús. "Manual de Pavimentos", Editorial Continental, 1° ed., México, 1985.

MOSQUERA MENDOZA, Erick J. Tesis: "Evaluación de las Canteras de la Provincia de San Martín para su Utilización en Obras Civiles", Tarapoto, 2011.



OLIVERA BUSTAMANTE, Fernand. "Estructuración de Vías Terrestres", Continental, 1° ed., México, 1996.

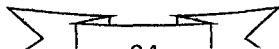
PAREDES ROJAS, Luis A. "Pavimentos", UNSM, 1° ed., Tarapoto, 2008.

PINEDA MENDEZ, Edgar E. Tesis: "Métodos de Diseño y Análisis Comparativo de Costos entre Pavimentos Rígidos y Flexibles", Guatemala, 1987.

OSHIRO HIGA, Fernand. "El Cemento, El concreto. La nueva tendencia en el uso del concreto", Representaciones Generales 2000 SAC, 1°ed., Lima, 2009.

TORRES ZIRIÓN, Rafael A. Tesis: "Análisis Comparativo de Costos entre el Pavimento Flexible y el Pavimento Rígido", Guatemala, 2007.

VELÁSQUEZ DÍAS, José. El Concreto Permeable y su aplicación al drenaje vial. ASOCEM, 1° ed., México, 2012.



VIII. ANEXOS

**ANEXO N° 1: MANUAL DE CARRETERAS 2013- SECCIÓN SUELOS Y
PAVIMENTOS**



PAVIMENTOS FLEXIBLES

Sección 415

Disposiciones generales

Descripción

415.01

Contiene las disposiciones generales correspondientes a los trabajos de pavimentación flexible tales como riegos, sellos, tratamientos superficiales, emulsiones y morteros asfálticos, así como de concretos asfálticos en caliente y en frío.

Materiales

415.02

Los materiales a utilizar deberán corresponder a los siguientes requerimientos:

b. Cemento asfáltico

El cemento asfáltico a emplear en los riegos de liga y en las mezclas asfálticas elaboradas en caliente será clasificado por viscosidad absoluta y por

penetración. Su empleo será según las características climáticas de la región, la correspondiente carta viscosidad del cemento asfáltico y tal como lo indica la **Tabla 415-01**, según lo establecido en Proyecto y aprobado por el Supervisor.

Tabla 415-01

Selección del tipo de cemento asfáltico

Temperatura Media Anual			
24°C o más	24°C - 15°C	15°C - 5°C	Menos de 5°C
40-50 ó 60-70 o modificado	60-70	85-100 120-150	Asfalto Modificado

Los requisitos de calidad del cemento asfáltico son los que establecen las **Tablas 415-02 y 415-03**.

El cemento asfáltico debe presentar un aspecto homogéneo, libre de agua y no formar espuma cuando es calentado a la temperatura de 175°C.

El cemento asfáltico podrá modificarse mediante la inclusión de aditivos de diferente naturaleza tales como: rejuvenecedores, polímeros, o cualquier otro producto garantizado, con los ensayos correspondientes. En tales casos, las especificaciones particulares establecerán el tipo de aditivo y las especificaciones que deberán cumplir tanto el cemento asfáltico modificado como las mezclas asfálticas resultantes, que serán aprobadas por el Supervisor, al igual que la dosificación y dispersión homogénea del aditivo incorporado.

Las especificaciones particulares de los cementos asfálticos modificados con polímeros se describen en la Sección 431 junto con sus requisitos de calidad, que se establecen las Tablas 431-01, 431-02 y 431-03.

Tabla 415-02

Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración

Tipo		Grado Penetración									
Grado	Ensayo	PEN 40-50		PEN 60-70		PEN 85-100		PEN 120-150		PEN 200-300	
		min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
Pruebas sobre el Material Bituminoso											
Penetración a 25°C, 100 g, 5 s, 0,1 mm	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de Inflamación, °C	MTC E 312	232		232		232		218		177	
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	100		100		100		100		100	
Solubilidad en Tridoro-etileno, %	MTC E 302	99,0		99,0		99,0		99,0		99,0	
Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica) ⁽¹⁾	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Ensayo de la Mancha (Olfensives) ⁽²⁾											
Solvente Nafta – Estándar	AASHTO M 20	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Pruebas sobre la Película Delgada a 163°C, 3,2 mm, 5 h											
Pérdida de masa, %	ASTM D 1754		0,8		0,8		1,0		1,3		1,5
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %	MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm ⁽³⁾	MTC E 306		50		75		100		100		

(1),(2) Ensayos opcionales para su evaluación complementaria del comportamiento geológico en el material bituminoso indicado.

(3) Si la ductilidad es menor de 100 cm, el material se aceptará si la ductilidad a 15,5 °C es mínimo 100 cm a la velocidad de 5 cm/min.

Tabla 415-03

Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por viscosidad

Características	Grado de Viscosidad				
	AC-2,5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-40
Viscosidad Absoluta a 60°C, Poises	250±50	500±100	1.000±200	2.000±400	4.000±800
Viscosidad Cinemática, 135°C St mínimo	80	110	150	210	300
Penetración 25°C, 100gr, 5 s mínimo	200	120	70	40	20
Punto de Inflamación COC, °C mínimo	163	177	219	232	232
Solubilidad en tricloroetileno, % masa, mínimo	99	99	99	99	99
Pruebas sobre el residuo del ensayo de película fina					
> Viscosidad Absoluta, 60°C, Poises máximo	1.250	2.500	5.000	10.000	20.000
> Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm, mínimo	100	100	50	20	10
Ensayo de la Mancha (Oliensies) ⁽¹⁾					
Solvente Nafta – Estándar	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Solvente Nafta – Xileno, %Xileno	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Solvente Heptano – Xileno, %Xileno	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

(1) Porcentajes de solvente a usar, se determinara si el resultado del ensayo indica positivo.

Fuente: ASTM D 3381, NTP

Equipo
415.03

Todos los equipos empleados deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requerirán la aprobación previa del Supervisor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cumplimiento de las exigencias de calidad de la presente especificación y de la correspondiente a la respectiva partida de trabajo.

El equipo que emplee el Contratista para los trabajos de pavimentación flexible cumplirá los requerimientos establecidos en la Sección 400.03.

Todos los materiales deberán cumplir los requerimientos de las Especificaciones Técnicas

Generales para la Construcción de Carreteras del MTC (Vigentes), no obstante, cuando en un determinado proyecto de pavimentación se requiera especificaciones nuevas concordantes en el estudio o que amplíen, complementen o reemplacen a las especificaciones generales, el autor del proyecto o el ingeniero responsable de suelos y pavimentos deberá emitir las especificaciones especiales para ese proyecto y solo será aplicable para su ejecución.

10.3 DE LA SUBBASE GRANULAR

El material granular para la capa de subbase deberá cumplir los requisitos mínimos establecidos en la Sección 402 de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG - Vigente). Asimismo se deben cumplir los requisitos de equipos, requerimientos de construcción, control de calidad, aceptación de los trabajos y

las consideraciones de CBR mencionadas en este manual para el diseño del pavimento, y

que según el caso deberá estar precisado en las Especificaciones del proyecto.

Cuadro 10.1
Valor Relativo de Soporte, CBR en SubBase Granular (*)
(MTC E132, NTP 339.145 1999)

CBR en SubBase Granular	Mínimo 40%
-------------------------	------------

(*) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de 0.1" (2.5mm)

Tabla 02-1
Requerimientos Granulométricos para Sub-Base Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso
	Gradación B
50 mm (2")	100
25 mm (1")	75 - 95
9.5 mm (3/8")	40 - 75
4.75 mm (Nº 4)	30 - 60
2.0 mm (Nº 10)	20 - 45
4.25 um (Nº 40)	15 - 30
0.075 um (Nº 200)	5 - 15

Fuente: ASTM D 1241

(1) La curva de gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 m.s.n.m.

(1) La curva granulométrica SB-3 deberá usarse en zonas con altitud mayor de 3 500 m.s.n.m.

(2) Sólo aplicable a SB-1.

Tabla 04-2
Resumen de las características físico - mecánicas.

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Valores		
				Exigidos	Obtenidos	Chequeo
Abrasión	MTC E 207	C 131	T 96	50 % máx.	34.95%	Cumple
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % mín.	62.43	Cumple
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx.	20.20.	Cumple
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 89	6% máx.	3.80	Cumple
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% mín.	43%	Cumple
Salas Solubles	MTC E 219			1% máx.	0.04%	Cumple
Partículas Chatas y Alargadas (2)	MTC E 211	D 4791		20% máx.	11.0%	Cumple

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1"(2.5mm)
(2) La relación ha emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud)

Tabla 02-2
Requerimientos de Ensayos Especiales

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				< 3000 msnm	> 3000 msnm
Abrasión	MTC E 207	C 131	T 96	50 % máx.	50 % máx.
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % mín.	40 % mín.
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx.	25% máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 89	6% máx.	4% máx.
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% mín.	35% mín.
Salas Solubles	MTC E 219			1% máx.	1% máx.
Partículas Chatas y Alargadas (2)	MTC E 211	D 4791		20% máx.	20% máx.

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1"(2.5mm)
(2) La relación ha emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud)

El material granular para la capa de base deberá cumplir los requisitos de calidad establecidos en la Sección 403 de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG - Vigente). Asimismo se deben cumplir los requisitos de equipos, requerimientos de construcción, control de calidad, aceptación de los trabajos y las consideraciones de CBR mencionadas en este manual para el diseño del pavimento, y que según el caso deberá estar precisado en las Especificaciones del proyecto.

Cuadro N° 10.2
Valor Relativo de Soporte, CBR en Base Granular (*)
(MTC E132] NTP 339.145 1999)

Para Carreteras de Segunda Clase, Tercera Clase, Bajo Volumen de Tránsito; o, para Carreteras con Tráfico en ejes equivalentes $\leq 10 \times 10^6$	Mínimo 80%
Para Carreteras de Primera Clase, Carreteras Duales o Multicarril, Autopistas; o, para Carreteras con Tráfico en ejes equivalentes $> 10 \times 10^6$	Mínimo 100%

Fuente: Elaboración Propia en base a la Sección 403 de las EG-Vigente del MTC y al Tipo de Carretera especificada en la RD 037-2008-MTC/14

(*) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de 0.1" (2.5mm)

Tabla 02-1
Requerimientos Granulométricos para Base Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso
	Gradación B
50 mm (2")	100
25 mm (1")	75 - 95
9.5 mm (3/8")	40 - 75
4.75 mm (N° 4)	30 - 60
2.0 mm (N° 10)	20 - 45
4.25 um (N° 40)	15 - 30
0.075 um (N° 200)	5 - 15

Valor Relativo de Soporte, CBR (1)	Tráfico Ligero y Medio	Min 80%
	Tráfico Pesado	Min 100%

Además, el material también deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

Tabla 02-2
Requerimientos de Agregado Grueso

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% mín.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% mín.
Abrasión de los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.
Partículas Chatas y Alargadas (1)	MTC E 211	D 4791		20% máx.
Sales Solubles	MTC E 219	D 1888		0.5% máx.

(1) La relación ha emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud)

Tabla 02-3
Requerimientos de Agregado Fino

Ensayo	Norma MTC	Requerimiento
Índice Plástico	MTC E 111	4% máx.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín.
Sales solubles totales	MTC E 219	0.5% máx.
Índice de durabilidad	MTC E 214	35% mín.

Tabla 04-2
Resumen de las características físico - mecánicas del agregado grueso.

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Valores		
				Exigidos	Diseño	Chequeo
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% mín.	122.7%	Cumple
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 582		40% mín.	102.8%	Cumple
Abrasión de los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.	25.88%	Cumple
Partículas Chatas y Alargadas (1)	MTC E 211	D 4791		20% máx.	4.2%	Cumple
Pérdida por sulfato de Magnesio	MTC E 209	C 88	T 104	18% máx.	2.23%	Cumple
Sales Solubles	MTC E 219	D 1888		0.5% máx.	0.08%	Cumple

(1) La relación ha emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud)

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Valores		
				Exigidos	Diseño	Chequeo
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	100% mín.	109.2%	Cumple

10.7 DE LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN CALIENTE

Los materiales para las mezclas asfálticas en caliente, deberán cumplir los requisitos establecidos en el Capítulo N° 4 (Pavimento Asfáltico) de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG - Vigentes) respecto a los agregados gruesos, agregados finos, gradación y los tipos de cemento asfáltico. Asimismo se deben cumplir los requisitos de equipos, requerimientos de construcción, control de calidad y aceptación de los trabajos.

PAG. 149 12. Pavimentos flexibles

12.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO

En este manual se ha optado, para el dimensionamiento de las secciones del pavimento, por los procedimientos más generalizados de uso actual en el país. Los procedimientos adoptados son:

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

Típicamente el diseño de los pavimentos es mayormente influenciado por dos parámetros básicos:

- Las cargas de tráfico vehicular impuestas al pavimento.
- Las características de la subrasante sobre la que se asienta el pavimento.

La forma como se consideran estos dos parámetros dependerá de la metodología que se emplee para el diseño.

1) Las cargas de tráfico vehicular impuestas al pavimento, están expresadas en ESALs, Equivalent Single Axle Loads 18-kip o 80-kN o 8.2 t, que en el presente Manual se denominan Ejes Equivalentes (EE). La sumatorias de ESALs durante el periodo de diseño es referida como (W18) o ESALD, en el presente Manual se denominan Número de Repeticiones de EE de 8.2 t.

Para el caso del tráfico y del diseño de pavimentos flexibles, en este manual, se definen tres categorías:

- a) Caminos de bajo volumen de tránsito, de 150,001 hasta 1'000,000 EE, en el carril periodo de diseño.

Cuadro 12.1
Número de Repeticiones Acumuladas
de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T _{P1}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T _{P2}	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T _{P3}	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T _{P4}	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE

Fuente: Elaboración Propia

Nota: T_{PX}: T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño
 PX = Pavimentada, X = número de rango (1, 2, 3, 4)

2) Las características de la subrasante sobre la que se asienta el pavimento, están definidas en seis (06) categorías de subrasante, en base a su capacidad de soporte CBR.

Cuadro 12.4
Categorías de Subrasante

CATEGORÍAS DE SUBRASANTE	CBR
S ₀ : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Subrasante Extraordinaria	CBR ≥ 30%

Fuente: Elaboración propia

Se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con CBR igual o mayor de 6%. En caso de ser menor (subrasante pobre o subrasante inadecuada), se procederá a la estabilización de los suelos, para lo cual se analizarán alternativas de solución, como la estabilización mecánica, el reemplazo del suelo de cimentación, estabilización química de suelos, estabilización con geosintéticos u otros

productos aprobados por el MTC, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose la más conveniente técnica y económica.

Con base en estos dos parámetros, tránsito expresado en ejes equivalentes (EE) y CBR de subrasante correlacionado con módulo resiliente, se definirán las secciones de pavimento que se encuentran especificadas en los catálogos de estructuras de pavimento.

La metodología empleada para definir las secciones del catálogo de los pavimentos ha consistido en aplicar el procedimiento de la Guía AASHTO 1993, y aplicar un análisis de comportamiento del pavimento que cubre el periodo de diseño de 20 años de la estructura

del pavimento.

A continuación se describen las características más importantes para la aplicación de los procedimientos usados.

12.1.1 Método Guía AASHTO 93 de diseño.

Este procedimiento está basado en modelos que fueron desarrollados en función de la performance del pavimento, las cargas vehiculares y resistencia de la subrasantes para el cálculo de espesores.

Se incluye más adelante la ecuación de cálculo en la versión de la Guía AASHTO – 93.

El propósito del modelo es el cálculo del Numero Estructural requerido (SNr), en base al cual se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subrasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo de diseño establecido en el proyecto.

I. Periodo de Diseño

El Periodo de Diseño a ser empleado para el presente manual de diseño para pavimentos flexibles será hasta 10 años para caminos de bajo volumen de tránsito, periodo de diseños por dos etapas de 10 años y periodo de diseño en una etapa de 20 años. El Ingeniero de diseño de pavimentos puede ajustar el periodo de diseño según las condiciones específicas del proyecto y lo requerido por la Entidad.

II. Variables

La ecuación básica para el diseño de la estructura de un pavimento flexible es la siguiente:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_O + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

A partir de esta ecuación se desprenden las siguientes definiciones:

a) W18, es Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes a 18000 lb (80 kN) para el periodo de diseño, corresponde al Número de Repeticiones de EE de 8.2t; el cual se establece con base en la información del estudio de tráfico (ver capítulo 6).

pág. 153
del
manual

b) Modulo de Resiliencia (MR)

El Modulo de Resiliencia es (MR) es una medida de la rigidez del suelo de subrasante, el cual para su cálculo se empleará la ecuación, que correlaciona con el CBR, recomendada por el MEPDG (Mechanistic Empirical Pavement Design Guide):

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

A continuación el cálculo de módulo de resiliencia para diferentes tipos de CBR.

Cuadro 12.5
Módulo Resiliente obtenido por correlación con CBR

CBR% SUBRASANTE	MÓDULO RESILIENTE SUBRASANTE (MR) (PSI)	MÓDULO RESILIENTE SUBRASANTE (MR) (MPA)	CBR% SUBRASANTE	MÓDULO RESILIENTE SUBRASANTE (MR) (PSI)	MÓDULO RESILIENTE SUBRASANTE (MR) (MPA)
6	8,043.00	55.45	19	16,819.00	115.96
7	8,877.00	61.20	20	17,380.00	119.83
8	9,669.00	66.67	21	17,931.00	123.63
9	10,426.00	71.88	22	18,473.00	127.37
10	11,153.00	76.90	23	19,006.00	131.04
11	11,854.00	81.73	24	19,531.00	134.66
12	12,533.00	86.41	25	20,048.00	138.23
13	13,192.00	90.96	26	20,558.00	141.74
14	13,833.00	95.38	27	21,060.00	145.20
15	14,457.00	99.68	28	21,556.00	148.62
16	15,067.00	103.88	29	22,046.00	152.00
17	15,663.00	107.99	30	22,529.00	155.33
18	16,247.00	112.02			

Fuente: Elaboración propia, en base a la ecuación de correlación CBR – Mr, recomendada por el MEPDG (Mechanistic Empirical Pavement Design Guide)

c) Confiabilidad (%R)

El método AASHTO incorpora el criterio de la confiabilidad (%R) que representa la probabilidad que una determinada estructura se comporte, durante su periodo de diseño, de acuerdo con lo previsto. Esta probabilidad está en función de la variabilidad de los factores que influyen sobre la estructura del pavimento y su comportamiento; sin embargo, solicitaciones diferentes a las esperadas, como por ejemplo, calidad de la construcción, condiciones climáticas extraordinarias, crecimiento excepcional del tráfico pesado mayor a lo previsto y otros factores, pueden reducir la vida útil prevista de un pavimento.

De acuerdo a la guía AASHTO es suficientemente aproximado considerar que el comportamiento del pavimento con el tráfico, sigue una ley de distribución normal, en consecuencia pueden aplicarse conceptos estadísticos para lograr una confiabilidad determinada; por ejemplo, 90% o 95%, significa que solamente un 10% o 5% del tramo pavimentado, se encontrará con un índice de serviciabilidad inferior al previsto; es decir que el modelo de comportamiento está basado en criterios de serviciabilidad y no en un determinado mecanismo de falla. En consecuencia, a mayor nivel de confiabilidad se incrementará el espesor de la estructura del pavimento a diseñar.

La confiabilidad no es un parámetro de ingreso directo en la Ecuación de Diseño, para ello debe usarse el coeficiente estadístico conocido como Desviación Normal Estándar (Zr).

A continuación se especifican los valores recomendados de niveles de confiabilidad para los diferentes rangos de tráfico:

Cuadro 12.6
Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de diseño (10 ó 20 años) según rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	100,000	150,000	65%
	T _{P1}	150,001	300,000	70%
	T _{P2}	300,001	500,000	75%
	T _{P3}	500,001	750,000	80%
	T _{P4}	750,001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	90%
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	90%
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	90%
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	95%
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	95%
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	95%
	T _{P15}		>30'000,000	95%

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

d) Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr)

El coeficiente estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr) representa el valor de la Confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal.

Cuadro 12.8
Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr)
Para una sola etapa de diseño (10 ó 20 años)
Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	100,001	150,000	-0.385
	T _{P1}	150,001	300,000	-0.524
	T _{P2}	300,001	500,000	-0.674
	T _{P3}	500,001	750,000	-0.842
	T _{P4}	750,001	1,000,000	-0.842

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

e) Desviación Estándar Combinada (So)

La Desviación Estándar Combinada (So), es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento; como por ejemplo, construcción, medio ambiente, incertidumbre del modelo. La Guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de So comprendidos entre 0.40 y 0.50, en el presente Manual se adopta para los diseños recomendados el valor de 0.45.

f) Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

El Índice de Serviciabilidad Presente es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

f.1) Serviciabilidad Inicial (Pi)

La Serviciabilidad Inicial (Pi) es la condición de una vía recientemente construida. A continuación se indican los índices de servicio inicial para los diferentes tipos de tráfico:

Cuadro 12.10
Índice de Serviabilidad Inicial (Pi)
Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	3.80
	TP2	300,001	500,000	3.80
	TP3	500,001	750,000	3.80
	TP4	750 001	1,000,000	3.80

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

f.2) Serviabilidad Final o Terminal (PT)

La Serviabilidad Terminal (Pt) es la condición de una vía que ha alcanzado la necesidad de algún tipo de rehabilitación o reconstrucción. A continuación se indican los índices de serviabilidad final para los diferentes tipos de tráfico.

Cuadro 12.11
Índice de Serviabilidad Final (Pt)
Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	2.00
	TP2	300,001	500,000	2.00
	TP3	500,001	750,000	2.00
	TP4	750 001	1,000,000	2.00

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

f.3) Variación de Serviabilidad (Δ PSI)

(Δ PSI) es la diferencia entre la Serviabilidad Inicial y Terminal asumida para el proyecto en desarrollo.

Cuadro 12.12
Diferencial de Serviabilidad (Δ PSI)
Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	1.80
	T _{P2}	300,001	500,000	1.80
	T _{P3}	500,001	750,000	1.80
	T _{P4}	750 001	1,000,000	1.80

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

g) Numero Estructural Requerido (SNR)

Los datos obtenidos y procesados se aplican a la ecuación de diseño AASHTO y se obtiene el Número Estructural, que representa el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirán, o sea de la capa de rodadura, de base y de sub base, mediante el uso de los coeficientes estructurales, esta conversión se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

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

Donde:

a₁, a₂, a₃ = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

d₁, d₂, d₃ = espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

m₂, m₃ = coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente

Según AASHTO la ecuación SN no tiene una solución única, es decir hay muchas combinaciones de espesores de cada capa que dan una solución satisfactoria. El Ingeniero Proyectista, debe realizar un análisis de comportamiento de las alternativas de estructuras de pavimento seleccionadas, de tal manera que permita decidir por la alternativa que presente los mejores valores de niveles de servicio, funcionales y estructurales, menores a los admisibles, en relación al tránsito que debe soportar la calzada.

Los valores de los coeficientes estructurales considerados en el presente manual son:

Cuadro 12.13
Coefficientes Estructurales de las Capas del Pavimento a_i

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL a_i (cm)	OBSERVACIÓN
CAPA SUPERFICIAL			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 °F)	a_1	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
BASE			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico \leq 5'000,000 EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico > 5'000,000 EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	a_{2a}	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm ²)	a_{2b}	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm ²)	a_{2c}	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
SUBBASE			
Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	a_3	0.047 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico \leq 15'000,000 EE
Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS	a_3	0.050 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

La ecuación SN de AASHTO, también requiere del coeficiente de drenaje de las capas granulares de base y subbase. Este coeficiente tiene por finalidad tomar en cuenta la influencia del drenaje en la estructura del pavimento.

El valor del coeficiente de drenaje esta dado por dos variables que son:

- a. La calidad del drenaje.
- b. Exposición a la saturación, que es el porcentaje de tiempo durante el año en que un pavimento está expuesto a niveles de humedad que se aproximan a la saturación.

El cuadro 12.14 presenta valores de la calidad de drenaje con el tiempo que tarda el agua en ser evacuada.

Cuadro 12.14
Calidad del Drenaje

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO EN QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no evacua

Fuente: Guía de Diseño de Estructuras de Pavimentos AASHTO - 1993

El Cuadro 12.15 presenta valores de coeficiente de drenaje m_i , para porcentajes del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación y calidad del drenaje.

Cuadro 12.15
Valores recomendados del Coeficiente de Drenaje m_i
Para Bases y SubBases granulares no tratadas en Pavimentos Flexibles

CALIDAD DEL DRENAJE	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTA EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN.			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: Guía de Diseño de Estructuras de Pavimentos AASHTO - 1993

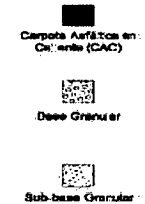
Para la definición de las secciones de estructuras de pavimento del presente Manual, el coeficiente de drenaje para las capas de base y subbase, asumido fue de 1.00.

En función a los parámetros requeridos por AASHTO y especificados en los cuadros anteriores, se han determinado los diferentes Números Estructurales requeridos, para cada rango de tráfico expresado en ejes equivalentes (EE) y rango de tipo de suelos, según se presenta en gráfico y cuadro siguientes:

**CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE
PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS**

Figura N° 12.8

EE		75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000	1'000,001-1'500,000	1'500,001-3'000,000	3'000,001-5'000,000
CBR% < 6%	Mr 2555xCBR ^{0.4}	5cm 21cm	6cm 20cm	6cm 17cm	7cm 16cm	8cm 16cm	8cm 17cm	9cm 20cm	9cm 24cm
	< 8,040psi (55.4MPa)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
> 6% CBR < 10%	> 8,040psi (55.4MPa)	5cm 23cm	6cm 20cm	6cm 15cm	7cm 16cm	8cm 16cm	8cm 17cm	9cm 20cm	9cm 24cm
	< 11,150psi (76.9MPa)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
> 10% CBR < 20%	> 11,150psi (76.9MPa)	5cm 20cm	5cm 23cm	6cm 26cm	7cm 27cm	8cm 27cm	8cm 30cm	9cm 33cm	10cm 35cm
	< 17,380psi (119.8MPa)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
> 20% CBR < 30%	> 17,380psi (119.8MPa)	5cm 18cm	5cm 16cm	6cm 19cm	7cm 19cm	8cm 19cm	8cm 23cm	9cm 16cm	10cm 28cm
	< 22,530psi (155.3MPa)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
CBR > 30%	> 22,530psi (155.3MPa)	5cm 16cm	6cm 15cm	6cm 15cm	7cm 13cm	8cm 13cm	8cm 14cm	9cm 23cm	10cm 27cm
	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)



Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

- Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
 2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
 3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
 a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
 b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años.
 c) Efectuar Renovación Superficial periódica mediante Sellos asfálticos, previo tratamiento del Pavimento existente.

Todos los materiales deberán cumplir los requerimientos de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras del MTC (Vigentes), no obstante, cuando en un determinado proyecto de pavimentación se requiera especificaciones nuevas concordantes en el estudio o que amplíen, complementen o reemplacen a las especificaciones generales, el autor del proyecto o el ingeniero responsable de suelos y pavimentos deberá emitir las especificaciones especiales para ese proyecto y solo será aplicable para su ejecución.

10.3 DE LA SUBBASE GRANULAR

El material granular para la capa de subbase deberá cumplir los requisitos mínimos establecidos en la Sección 402 de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG - Vigente). Asimismo se deben cumplir los requisitos de equipos, requerimientos de construcción, control de calidad, aceptación de los trabajos y las consideraciones de CBR mencionadas en este manual para el diseño del pavimento, y que según el caso deberá estar precisado en las Especificaciones del proyecto.

Cuadro 10.1
Valor Relativo de Soporte, CBR en SubBase Granular (*)
 (MTC E132, NTP 339.145 1999)

CBR en SubBase Granular	Mínimo 40%
-------------------------	------------

(*) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de 0.1" (2.5mm)

Tabla 02-1
Requerimientos Granulométricos para Sub-Base Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso
	Gradación B
50 mm (2")	100
25 mm (1")	75 - 95
9.5 mm (3/8")	40 - 75
4.75 mm (Nº 4)	30 - 60
2.0 mm (Nº 10)	20 - 45
4.25 um (Nº 40)	15 - 30
0.075 um (Nº 200)	5 - 15

Fuente: ASTM D 1241
 (1) La curva de gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 m.s.n.m.
 (1) La curva granulométrica SB-3 deberá usarse en zonas con altitud mayor de 3 500 m.s.n.m.
 (2) Sólo aplicable a SB-1.

Tabla 02-2
Requerimientos de Ensayos Específicos

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				< 3000 mas/m	> 3000 mas/m
Abrasión	MTC E 207	C 131	T 96	50 % máx.	50 % máx.
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % mín.	40 % mín.
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx.	25% máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 89	6% máx.	4% máx.
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% mín.	35% mín.
Salas Solubles	MTC E 218			1% máx.	1% máx.
Partículas Chatas y Alargadas (2)	MTC E 211	D 4791		20% máx.	20% máx.

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1"(2.5mm)
 (2) La relación ha emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud)

Tabla 04:2
Resumen de las características físico - mecánicas.

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Valores		
				Exigidos	Obtenidos	Chequeo
Abrasión	MTC E 207	C 131	T 96	50 % máx.	34.95%	Cumple
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % mín.	62.43	Cumple
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx.	20.20.	Cumple
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 89	6% máx.	3.80	Cumple
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% mín.	43%	Cumple
Salas Solubles	MTC E 219			1% máx.	0.04%	Cumple
Partículas Chatas y Alargadas (2)	MTC E 211	D 4791		20% máx.	11.0%	Cumple

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1"(2.5mm)
 (2) La relación ha emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud)

PAG. 132 10.4 DE LA BASE GRANULAR

El material granular para la capa de base deberá cumplir los requisitos de calidad establecidos en la Sección 403 de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG - Vigente). Asimismo se deben cumplir los requisitos de equipos, requerimientos de construcción, control de calidad, aceptación de los trabajos y las consideraciones de CBR mencionadas en este manual para el diseño del pavimento, y que según el caso deberá estar precisado en las Especificaciones del proyecto.

Cuadro N° 10.2
Valor Relativo de Soporte, CBR en Base Granular (*)
 (MTC E 132, NTP 339.145 1999)

Para Carreteras de Segunda Clase, Tercera Clase, Bajo Volumen de Tránsito; o, para Carreteras con Tráfico en ejes equivalentes $\leq 10 \times 10^6$	Minimo 80%
Para Carreteras de Primera Clase, Carreteras Duales o Multicarril, Autopistas; o, para Carreteras con Tráfico en ejes equivalentes $> 10 \times 10^6$)	Minimo 100%

Fuente: Elaboración Propia en base a la Sección 403 de las EG-Vigente del MTC y al Tipo de Carretera especificada en la RD 037-2008-MTC/14
 (*) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de 0.1" (2.5mm)

10.8 DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO

Los materiales para la mezcla de concreto hidráulico, deberá cumplir los requisitos establecidos en el Capítulo N° 4 (Pavimento de Concreto Hidráulico) en la Sección 438 de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG - Vigentes). Asimismo se deben cumplir los requisitos de equipos, requerimientos de construcción, control de calidad y aceptación de los trabajos.

Tabla 02-1
Requerimientos Granulométricos para Base Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso
	Gradación B
50 mm (2")	100
25 mm (1")	75 - 95
9.5 mm (3/8")	40 - 75
4.75 mm (N° 4)	30 - 80
2.0 mm (N° 10)	20 - 45
4.25 um (N° 40)	15 - 30
0.075 um (N° 200)	5 - 15

Tabla 02-3
Requerimientos de Agregado Fino

Ensayo	Norma MTC	Requerimiento
Índice Plástico	MTC E 111	4% máx.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín.
Sales solubles totales	MTC E 219	0.5% máx.
Índice de durabilidad	MTC E 214	35% mín.

Valor Relativo de Soporte, CBR (1)	Tráfico Ligero y Medio	Min 80%
	Tráfico Pesado	Min 100%

Además, el material también deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

Tabla 02-2
Requerimientos de Agregado Grueso

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% mín.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% mín.
Abrasión de los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.
Partículas Chatas y Alargadas (1)	MTC E 211	D 4791		20% máx.
Sales Solubles	MTC E 219	D 1888		0.5% máx.

(1) La relación ha emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud)

Tabla 04-2
Resumen de las características físico - mecánicas del agregado grueso.

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Valores		
				Exigidos	Diseño	Chequeo
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% mín.	122.7%	Cumple
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 582		40% mín.	102.8%	Cumple
Abrasión de los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.	25.86%	Cumple
Partículas Chatas y Alargadas (1)	MTC E 211	D 4791		20% máx.	4.2%	Cumple
Perdida por sulfato de Magnesio	MTC E 209	C 88	T 104	18% máx.	2.23.%	Cumple
Sales Solubles	MTC E 219	D 1888		0.5% máx.	0.08%	Cumple

(1) La relación ha emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud)

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Valores		
				Exigidos	Diseño	Chequeo
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	100 % mín.	109.2 %	Cumple

Tabla 04-4.3
Resumen de las características físico - mecánicas del agregado Fino

Ensayo	Norma MTC	Valores		
		Exigidos	Diseño	Chequeo
Índice Plástico	MTC E 111	4% máx.	N.P.	Cumple
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín.	44%	Cumple
Sales solubles totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.08%	Cumple
Índice de durabilidad	MTC E 214	35% mín.	--	Pendiente

$$\text{Log}_{10}W_{82} = Z_R S_o + 7.35 \text{Log}_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_i) \times \text{Log}_{10} \left(\frac{M_r C_{ds} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right)$$

I. Periodo de Diseño

El Periodo de Diseño a ser empleado para el presente manual de diseño para pavimentos rígido será mínimo de 20 años. El Ingeniero de diseño de pavimentos puede ajustar el periodo de diseño según las condiciones específicas del proyecto y lo requerido por la Entidad.

II. Variables

2.1 - El tránsito (ESALs)

El periodo esta ligado a la cantidad de tránsito asociada en ese periodo para el carril de diseño. El periodo de diseño mínimo recomendado es de 20 años. Una característica propia del método AASHTO 93 es la simplificación del efecto del tránsito introduciendo el concepto de ejes equivalentes. Es decir, transforma las cargas de ejes de todo tipo de vehículo en ejes simples equivalentes de 8.2 Ton de peso, comúnmente llamados ESALs (equivalent single axle load, por sus siglas en inglés). El cálculo de las EE de diseño estará de acuerdo a lo establecido en el Capítulo 6: Tráfico Vial.

Para el caso del tráfico y del diseño de pavimentos rígidos, en este manual, se definen tres categorías:

a) Caminos de bajo volumen de tránsito, de 150,001 hasta 1'000,000 EE, en el carril y periodo de diseño.

Cuadro 14.1
Número de Repeticiones Acumuladas
de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T _{P1}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T _{P2}	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T _{P3}	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T _{P4}	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE

Fuente: Elaboración Propia

Nota: T_{PX}: T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño

PX = Pavimentada, X = número de rango (1, 2, 3, 4)

2.2 · Serviciabilidad

Este parámetro sintetiza el criterio de diseño AASHTO: Servicio, o serviciabilidad. AASHTO 93 caracteriza el servicio con dos parámetros: índice de servicio inicial (Pi) e índice de servicio final o Terminal (Pt). En la ecuación se ingresa la diferencia entre los valores de serviciabilidad inicial y final, determinándose una variación o diferencial entre ambos índices (Δ PSI).

La serviciabilidad se define como la capacidad del pavimento de servir al tránsito que circula por la vía, y se magnifica en una escala de 0 a 5, donde 0 significa una calificación de intransitable y 5 una calificación de excelente que es un valor ideal que en la práctica no se da. El valor de 0 es un indicador muy pesimista, pues AASHTO 93 emplea el valor de 1.5 como índice de serviciabilidad terminal del pavimento.

El valor Δ PSI depende de la calidad de la construcción. En el AASHTO Road Test se alcanzó el valor de $P_i = 4.5$ para el caso de pavimentos de concreto. Los valores recomendados en este Manual son los siguientes

Cuadro 14.4
Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi)
Índice de Serviciabilidad Final o Terminal (Pt)
Diferencial de Serviciabilidad
Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)	INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (Pt)	DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P2}	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P3}	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P4}	750 001	1,000,000	4.10	2.00	2.10

2.3 · La confiabilidad "R" y la desviación estándar (So)

El concepto de confiabilidad ha sido incorporado con el propósito de cuantificar la variabilidad propia de los materiales, procesos constructivos y de supervisión que hacen que pavimentos construidos de la "misma forma" presenten comportamientos de deterioro diferentes. La confiabilidad es en cierta manera un factor de seguridad, que equivale a incrementar en una proporción el tránsito previsto a lo largo del periodo de diseño, siguiendo conceptos estadísticos que consideran una distribución normal de las variables involucradas.

El rango típico sugerido por AASHTO esta comprendido entre $0.30 < S_o < 0.40$, en el presente Manual se recomienda un $S_o = 0.35$.

Los siguientes valores de confiabilidad en relación al Número de Repeticiones de EE serán los que se aplicarán para diseño y son los indicados en el Cuadro 14.5

Cuadro 14.5
Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad (R)
y Desviación Estándar Normal (Zr) Para una sola etapa de 20 años
según rango de Tráfico

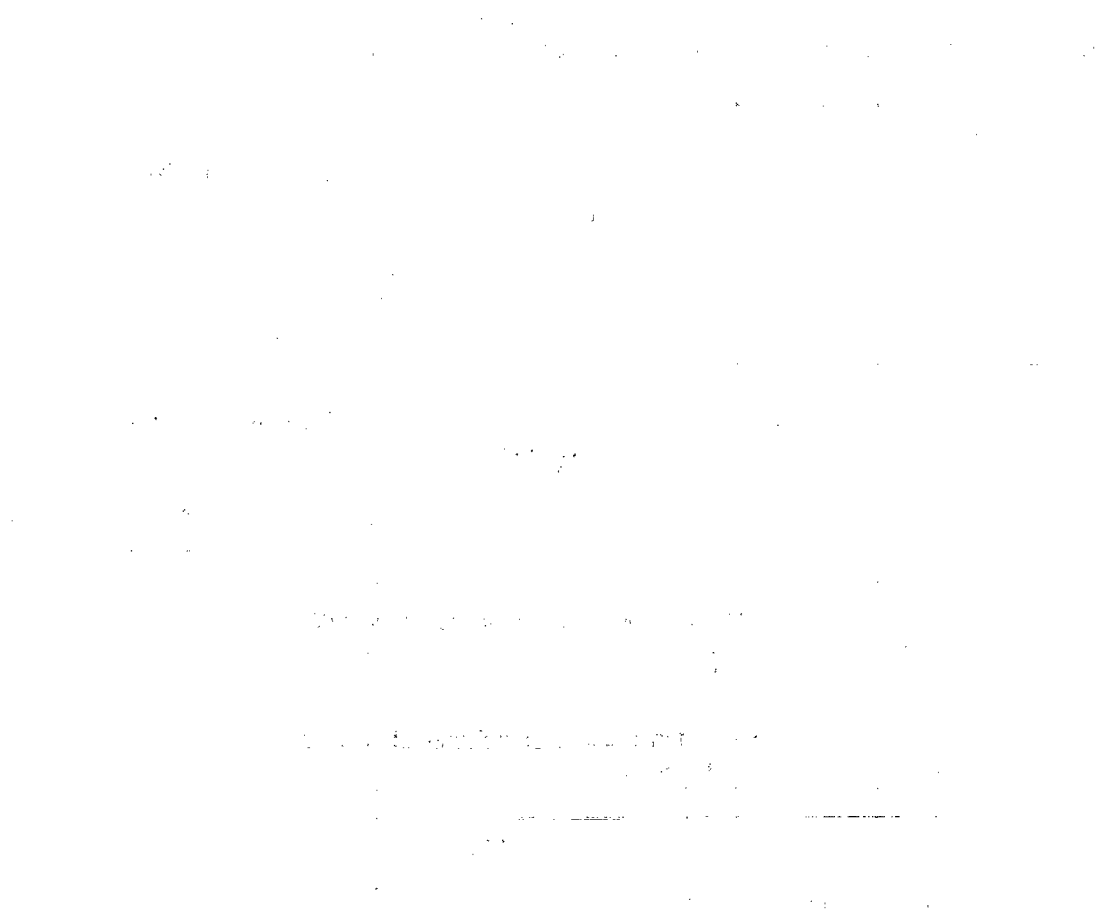
TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	100,000	150,000	65%	-0.385
	T _{P1}	150,001	300,000	70%	-0.524
	T _{P2}	300,001	500,000	75%	-0.674
	T _{P3}	500,001	750,000	80%	-0.842
	T _{P4}	750 001	1,000,000	80%	-0.842

2.4 • El suelo y el efecto de las capas de apoyo (Kc)

El parámetro que caracteriza al tipo de subrasante es el módulo de reacción de la subrasante (K). Adicionalmente se contempla una mejora en el nivel de soporte de la subrasante con la colocación de capas intermedias granulares o tratadas, efecto que mejora las condiciones de apoyo y puede llegar a reducir el espesor calculado de concreto. Esta mejora se introduce con el módulo de reacción combinado (Kc). El ensayo para determinar el módulo de reacción de la subrasante, llamado también ensayo de placa, tiene por objetivo determinar la presión que se debe ejercer para lograr una cierta deformación, que para este caso es de 13 mm. El ensayo esta normado en ASTM D – 1196 y AASHTO T – 222. Las unidades de K son Mpa / m.

No obstante, para el presente Manual se utilizará la alternativa que da AASHTO de utilizar correlaciones directas que permiten obtener el coeficiente de reacción k en función de la clasificación de suelos y el CBR; para el efecto se presenta la siguiente figura.

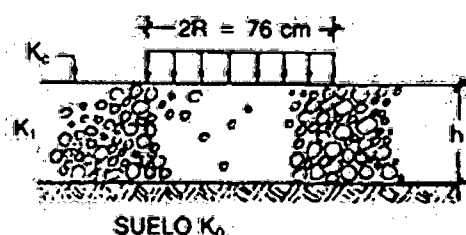
Figura 14.1
Correlación CBR y Módulo de Reacción de la Subrasante



Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes ensayos.
Manual Plata de Cimentación para Subrasantes Subrasante y concreto. Versión 2017. BOA 10/17

Se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con CBR igual o mayor de 6%. En caso de ser menor (subrasante pobre o subrasante inadecuada), se procederá a la estabilización de los suelos, para lo cual se analizarán alternativas de solución, como la estabilización mecánica, el reemplazo del suelo de cimentación, estabilización química de suelos, estabilización con geosintéticos u otros productos aprobados por el MTC, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose la mas conveniente técnica y económica.

La presencia de la sub base granular o base granular, de calidad superior a la subrasante, permite aumentar el coeficiente de reacción de diseño, en tal sentido se aplicará la siguiente ecuación:



$$K_c = [1 + (h/38)^2 \times (K_1/K_0)^{2/3}] \times 0.5 \times K_0$$

K_1 (kg/cm³) : Coeficiente de reacción de la sub base granular

K_c (kg/cm³) : Coeficiente de reacción combinado

K_0 (kg/cm³) : Coeficiente de reacción de la subrasante

h : Espesor de la subbase granular

Cuadro 14.6
CBR mínimos recomendados para la SubBase Granular
de Pavimentos Rígidos según Intensidad de Tráfico expresado en EE

TRÁFICO	ENSAYO NORMA	REQUERIMIENTO
Para tráfico $\leq 15 \times 10^6$ EE	MTC E 132	CBR mínimo 40 % (1)
Para tráfico $> 15 \times 10^6$ EE	MTC E 132	CBR mínimo 60 % (1)

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de carga de 0.1" (2.5mm)

2.5 · Resistencia a flexotracción del concreto (MR)

Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es que se introduce este parámetro en la ecuación AASHTO 93. El módulo de rotura (MR) esta normalizado por ASTM C – 78. En el ensayo el concreto es muestreado en vigas. A los 28 días las vigas deberán ser ensayadas aplicando cargas en los tercios, y forzando la falla en el tercio central de la viga.

Para pavimentos los valores varían según los valores del Cuadro 14.7

Cuadro 14.7
Valores Recomendados de Resistencia del Concreto
según rango de Tráfico

RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (MR)	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'c)
≤ 5'000,000 EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²
> 5'000,000 EE ≤ 15'000,000 EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
> 15'000,000 EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

El módulo de rotura (Mr) del concreto se correlaciona con el módulo de compresión (f'c) del concreto mediante la siguiente regresión:

$$Mr = a\sqrt{f'c} \quad (\text{Valores en kg/cm}^2), \text{ según el ACI 363}$$

Donde los valores "a" varían entre 1.99 y 3.18

2.6 · Módulo elástico del concreto

El módulo de elasticidad del concreto es un parámetro particularmente importante para el dimensionamiento de estructuras de concreto armado. La predicción del mismo se puede efectuar a partir de la resistencia a compresión o flexotracción, a través de correlaciones establecidas.

En el caso de concretos de alto desempeño, resistencia a compresión superior a 40 Mpa, la estimación utilizando las fórmulas propuestas por distintos códigos puede ser incierta puesto que existen variables que no han sido contempladas, lo que las hace objeto de continuo estudio y ajuste.

AASHTO'93 indica que el módulo elástico puede ser estimado usando una correlación, precisando la correlación recomendada por el ACI:

$$E = 57,000x(f'c)^{0.5}; (f'c \text{ en PSI})$$

El ensayo ASTM C – 469 calcula el módulo de elasticidad del concreto

2.7 · Drenaje (Cd)

Erosión del suelo por migración de partículas
 Ablandamiento de la subrasante por saturación prolongada,
 especialmente en situaciones de congelamiento
 Degradación del material de la carpeta de rodadura por humedad
 Deformación y fisuración creciente por pérdida de capacidad estructural

La metodología de diseño AASHTO 93 incorpora el coeficiente de drenaje (Cd) para considerarlo en el diseño.

Las condiciones de drenaje representan la probabilidad de que la estructura bajo la losa de concreto mantenga agua libre o humedad por un cierto tiempo. En general el nivel de drenaje de las capas intermedias depende de los tipos de drenaje diseñados, el tipo y permeabilidad de las capas de subbase, tipo de subrasante, condiciones climáticas, grado de precipitaciones, entre otras.

El coeficiente de drenaje Cd varía entre 0.70 y 1.25, según las condiciones antes mencionadas. Un Cd alto implica un buen drenaje y esto favorece a la estructura, reduciendo el espesor de concreto a calcular. Para la definición de las secciones de estructuras de pavimento del presente Manual, el coeficiente de drenaje para las capas granulares asumido, fue de 1.00.

Cuadro 14.8
 Condiciones de Drenaje

Calidad de Drenaje	50% de saturación en:	85% de saturación en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	más de 10 horas
Muy Pobre	El agua no drena	mucho más de 10 horas

Cuadro 14.9
 Coeficiente de Drenaje de las Capas Granulares Cd

Calidad de Drenaje	% del tiempo en que el pavimento esta expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	> 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy Pobre	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

2.8 · Transferencia de cargas (J)

Es un parámetro empleado para el diseño de pavimentos de concreto que expresa la capacidad de la estructura como transmisora de cargas entre juntas y fisuras. Sus valores dependen del tipo de pavimento de concreto a construir, la existencia o no de berma lateral y su tipo, la existencia o no de dispositivos de transmisión de cargas. El valor de J es directamente proporcional al valor final del espesor de losa de concreto. Es decir, a menor valor de J, menor espesor de concreto.

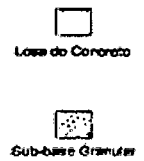
Cuadro N° 14.10
 Valores de Coeficiente de Transmisión de Carga J

TIPO DE BERMA	J			
	GRANULAR O ASFÁLTICA		CONCRETO HIDRÁULICO	
VALORES J	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)
		3.2	3.8-4.4	2.8

Figura 14.4a

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO RIGIDO SIN PASADORES Y CON BERMAS DE CONCRETO Y PARA UN FACTOR J=3.8
PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS

EE		75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000
CBR%	MR					
CBR < 6%	< 185PCI (52MPa/m)	15cm 15cm (*)	15cm 10cm (*)	17cm 15cm (*)	18cm 13cm (*)	19cm 15cm (*)
	> 185PCI (52MPa/m)	15cm 10cm	15cm 10cm	17cm 13cm	18cm 13cm	19cm 13cm
> 6% CBR < 10%	> 223PCI (63MPa/m)	15cm 15cm	15cm 15cm	16cm 15cm	18cm 15cm	19cm 15cm
	< 223PCI (63MPa/m)	15cm 15cm	15cm 15cm	16cm 15cm	18cm 15cm	19cm 15cm
> 10% CBR < 20%	> 279PCI (79MPa/m)	15cm 15cm	15cm 15cm	16cm 15cm	18cm 15cm	19cm 15cm
	< 279PCI (79MPa/m)	15cm 15cm	15cm 15cm	16cm 15cm	18cm 15cm	19cm 15cm
> 20% CBR < 30%	> 373PCI (105MPa/m)	15cm 15cm	15cm 15cm	16cm 15cm	17cm 15cm	18cm 15cm
	< 373PCI (105MPa/m)	15cm 15cm	15cm 15cm	16cm 15cm	17cm 15cm	18cm 15cm
CBR > 30%	> 373PCI (105MPa/m)	15cm 15cm	15cm 15cm	15cm 15cm	17cm 15cm	18cm 15cm



Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

ANEXO N° 2: MANUAL CENTROAMERICANO PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS

A partir de la Pag. 85 del Manual se tiene:

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{cccccc}
 & & & \text{I} & & \text{II} & & \text{II} \\
 & & & \nearrow & & \nearrow & & \nearrow \\
 \text{Nrep de EE}_{6.2.3n} = & \Sigma & [EE_{\text{día-carril}} \times Fca \times 365] & & & & & \text{ecuación "EE"} \\
 \begin{array}{cccccc}
 \text{I. } EE_{\text{día-carril}} = & \text{IMD}_{pi} \times Fd \times Fc \times Fvpi \times Fpi \\
 \begin{array}{cccccc}
 \boxed{1} & \boxed{2} & \boxed{3} & \boxed{4} & \boxed{5} & \boxed{6} \\
 \nearrow & \nearrow & \nearrow & \nearrow & \nearrow & \nearrow
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}$$

1. $EE_{\text{día-carril}}$: 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.

2. IMD_{pi} : Índice medio diario según tipo de vehículo pesado seleccionado.

3. Fd : Factor direccional, según cuadro N° 6.1 (MANUAL).

Número de calzadas: 1 calzada
 Número de Sentidos: 2 sentidos
 Número de Carriles por Sentido: 1
 $Fd=0.50$

4. Fc : Factor carril de diseño, según cuadro N° 6.1 (MANUAL).

Número de calzadas: 1 calzada
 Número de Sentidos: 2 sentidos
 Número de Carriles por Sentido: 1
 $Fc=1.00$

5. $Fvpi$: Factor Vehículo Pesado del tipo seleccionado, según cuadro 6.3 (para pavimentos flexibles), cuadro 6.4 (para pavimentos rígidos)

6. Fpi : Factor de presión de neumáticos. Según cuadro 6.13

II. Fca : Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo Pesado. Según cuadro 6.2

$$\text{Factor } Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

Donde:

r = Tasa anual de crecimiento

n = Periodo de diseño

III. 365: Número de días del año.

Desarrollando ecuación "EE":

$$Nrep. de EE = \sum EE_{dia-carril} \times F_{ca} \times 365$$

Reemplazando el valor de $EE_{dia-carril}$ en "EE" :

$$Nrep. de EE = \sum IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{vpi} \times F_{pi} \times F_{ca} \times 365$$

reemplazando $F_d=0.50$ y $F_c=1.00$ se tiene:

$$Nrep. de EE = \sum IMD_{pi} \times 0.50 \times 1.00 \times F_{vpi} \times F_{pi} \times F_{ca} \times 365$$

$$Nrep. de EE = 182.5 \sum IMD_{pi} \times F_{vpi} \times F_{pi} \times F_{ca} \dots\dots Ecuación EE simplificada$$

CUADROS UTILIZADOS

Cuadro 6.1
Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	(2 sentidos)	(1)	(0.50)	(1.00)	(0.50)
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	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: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

Cuadro 6.2
Factores de Crecimiento Acumulado (Fca)
Para el Cálculo de Número de Repeticiones de EE

Período 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	16.63	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	30.91	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	26.87	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28

Fuente: Tabla D-20 AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993

Cuadro 6.3
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})	$EE_{TA1} = [P / 14.8]^{4.0}$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	$EE_{TA2} = [P / 15.1]^{4.0}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	$EE_{TR1} = [P / 20.7]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	$EE_{TR2} = [P / 21.8]^{3.9}$
P = peso real por eje en toneladas	

Fuente: Elaboración Propia, en base a correlaciones con los valores de las Tablas del apéndice D de la Guía AASHTO'93

Cuadro 6.4
Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE)
Para Pavimentos Rígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8.2 tn})
Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1})	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.1}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2})	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.1}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	$EE_{TA1} = [P / 13.0]^{4.1}$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	$EE_{TA2} = [P / 13.3]^{4.1}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	$EE_{TR1} = [P / 16.6]^{4.0}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	$EE_{TR2} = [P / 17.5]^{4.0}$
P = peso real por eje en toneladas	

Fuente: Elaboración Propia, en base a correlaciones con los valores de las Tablas del apéndice D de la Guía AASHTO'93

Cuadro 6.13

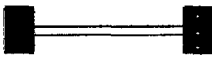

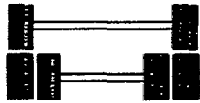



FACTOR DE AJUSTE POR PRESIÓN DE NEUMÁTICO (Fp) PARA EJES EQUIVALENTES (EE)							
Espesor de Capa de Rodadura (mm)	Presión de Contacto del Neumático (PCN) en psi PCN = 0.90x[Presión de Inflado del neumático] (psi)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1.00	1.36	1.80	2.31	2.91	3.59	4.37
60	1.00	1.33	1.72	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
- Presión de inflado del neumático (Pin): está referido al promedio de presiones de inflado de neumáticos por tipo de vehículo pesado.
- Presión de Contacto del neumático (PCN): igual al 90% del promedio de presiones de inflado de neumáticos por tipo de vehículo pesado.
- Para espesores menores de capa de rodadura asfáltica, se aplicará el Factor de Ajuste igual al espesor de 50 mm.

Fuente: Elaboración propia, en base a correlaciones con la Figura IV-4 EAL Adjustment Factor for Tire Pressures del Manual MS-1 del Instituto del Asfalto.

FIGURAS UTILIZADAS
Figura 6.1
Configuración de Ejes

Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	Nº de Neumáticos	Grafico
EJE SIMPLE (Con Rueda Simple)	1RS	02	
EJE SIMPLE (Con Rueda Doble)	1RD	04	
EJE TANDEM (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble)	1RS + 1RD	06	
EJE TANDEM (2 Ejes Rueda Doble)	2RD	08	
EJE TRIDEM (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble)	1RS + 2RD	10	
EJE TRIDEM (3 Ejes Rueda Doble)	3RD	12	

Nota :

RS : Rueda Simple

RD: Rueda Doble

TABLAS UTILIZADAS

Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos

Valor a usar

Tabla 3-4

Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $P_i = 2.5$

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0004	0.0004	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.003	0.004	0.004	0.003	0.002	0.002
6	0.011	0.017	0.017	0.013	0.010	0.009
8	0.022	0.047	0.051	0.041	0.034	0.031
10	0.078	0.102	0.118	0.102	0.088	0.080
12	0.168	0.198	0.229	0.213	0.189	0.176
14	0.328	0.358	0.399	0.388	0.360	0.342
16	0.591	0.613	0.646	0.645	0.623	0.606
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.57	1.49	1.47	1.51	1.55
22	2.48	2.38	2.17	2.09	2.18	2.30
24	3.69	3.49	3.09	2.89	3.03	3.27
26	5.33	4.99	4.31	3.91	4.09	4.48
28	7.49	6.98	5.90	5.21	5.39	5.88
30	10.3	9.5	7.9	6.8	7.0	7.8
32	13.9	12.8	10.5	8.8	8.9	10.0
34	18.4	16.9	13.7	11.3	11.2	12.5
36	24.0	22.0	17.7	14.4	13.9	15.5
38	30.9	28.3	22.6	18.1	17.2	19.0
40	39.3	35.9	28.5	22.5	21.1	23.0
42	49.3	45.0	35.6	27.8	25.6	27.7
44	61.3	55.9	44.0	34.0	31.0	33.1
46	75.5	68.8	54.0	41.4	37.2	39.3
48	92.2	83.9	65.7	50.1	44.5	46.5
50	112.	102.	79.	60.	53.	55.

ANEXO N° 3: ENSAYOS DE LABORATORIO

3.1 SUB BASE

3.2 BASE

3.3 DISEÑO PARA CAPA DE SUPERFICIE DE CONCRETO ASFÁLTICO

3.4 DISEÑO DE MEZCLA F'C=210 KG/CM2

3.1 SUB BASE

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS ANÁLISIS DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL CONCRETO

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



DISEÑO DE SUB BASE GRANULAR

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN
2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA SUB BASE
3. MATERIALES A UTILIZAR EN EL DISEÑO
4. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
6. REGISTRO FOTOGRÁFICO
7. ANEXO

Whillén Trigozo Hidalgo
Tec. Laboratorio de Suelos
y Tecnología del Concreto

Yulma H. Ramos Estrella
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 09109

**DISEÑO DE MEZCLA DE SUB BASE GRANULAR****1. INTRODUCCIÓN**

Este informe tiene por objetivo presentar los estudios y resultados del diseño de mezcla de Sub Base Granular, dicha mezcla fue realizada en laboratorio. Este estudio fue elaborado de acuerdo a la Ingeniería de Detalle del Proyecto y basado en las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras MTC - Sección 303.

2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA SUB BASE

Según la Ingeniería de Detalle del Proyecto y como es ratificado en las Especificaciones Técnicas Generales de Construcción de Carreteras EG - 2000 del MTC; para la construcción de sub bases, los materiales serán agregados naturales procedentes de excedentes de excavaciones o canteras clasificadas, o podrán provenir de la trituración de rocas y gravas, o podrán estar constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias.

Tabla 02-1

Requerimientos Granulométricos para Sub-Base Granular

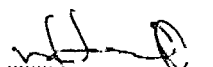
Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso
	Gradación B
50 mm (2")	100
25 mm (1")	75 - 95
9.5 mm (3/8")	40 - 75
4.75 mm (Nº 4)	30 - 60
2.0 mm (Nº 10)	20 - 45
4.25 um (Nº 40)	15 - 30
0.075 um (Nº 200)	5 - 15

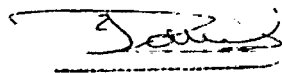
Fuente: ASTM D 1241

(1) La curva de gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 m.s.n.m.

(1) La curva granulométrica SB-3 deberá usarse en zonas con altitud mayor de 3 500 m.s.n.m.

(2) Sólo aplicable a SB-1.


 Whilten Trigozo Hidalgo
 Tec. Laboratorio de Suelos
 y Tecnología de Pavimentos


 Vladimir B. Ramos Dávalos
 INGENIERO CIVIL
 C.L.P. Nº 83109



Además, el material también deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

Tabla 02-2
Requerimientos de Ensayos Especiales

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				< 3000 msnm	> 3000 msnm
Abrasión	MTC E 207	C 131	T 96	50 % máx.	50 % máx.
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % mín.	40 % mín.
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx.	25% máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 89	6% máx.	4% máx.
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% mín.	35% mín.
Sales Solubles	MTC E 219			1% máx.	1% máx.
Partículas Chatas y Alargadas (2)	MTC E 211	D 4791		20% máx.	20% máx.

- (1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1"(2.5mm)
(2) La relación ha emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud)

3. MATERIALES A UTILIZAR EN EL DISEÑO

Grava triturada 2"- N°4

La grava triturada se procesa en la Planta Industrial de Maceda ubicada en la Localidad de Maceda, carretera Tarapoto – Moyobamba, proviene de la Cantera Río Mayo, Carretera Puente Bolivia San Miguel.

Arena natural

La arena natural se obtiene de la Cantera Río Mayo, material de la cantera estancia (material de Cerro), la cual contiene también partes de arena que proviene del proceso de chancado de la grava.

4. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO DSB-PI3.5TY_02

Las características físico – mecánicas de la mezcla de Sub Base para esta alternativa se encuentran resumidas en el siguiente cuadro, donde se puede apreciar claramente que se ha cumplido con lo exigido:


Whillen Trigozo Hidalgo
Téc. Laboratorio de Suelos
y Tecnología del Pavimento

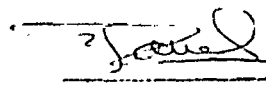

Ylaine B. Ramos Sotillo
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 02100



Tabla 04-2
Resumen de las características físico - mecánicas.

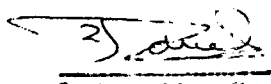
Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Valores		
				Exigidos	Obtenidos	Chequeo
Abrasión	MTC E 207	C 131	T 96	50 % máx.	34.95%	Cumple
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % mín.	62.43	Cumple
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx.	20.20.	Cumple
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 89	6% máx.	3.80	Cumple
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% mín.	43%	Cumple
Salas Solubles	MTC E 219			1% máx.	0.04%	Cumple
Partículas Chatas y Alargadas (2)	MTC E 211	D 4791		20% máx.	11.0%	Cumple

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1"(2.5mm)
(2) La relación ha emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud)

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El presente estudio muestra el diseño de mezcla de Sub Base Granular con agregados, grava chancada cantera Río Mayo, grava natural zarandeada cantera Río Mayo, y material de la cantera estancia.
- La mezcla obtenida es de 30% grava chancada cantera Río Mayo, 20% grava natural zarandeada cantera Río Mayo, 30%, arena triturada, 20% material ligante, (cantera de Cerro).
- Los ensayos de laboratorio de los agregados se presentan en el anexo respectivo, donde se muestra que el diseño ha cumplido con los parámetros establecidos en las presentes Especificaciones Técnicas del Proyecto.
- Las proporciones granulométricas de las distintas alternativas de Sub Base, están sujetas a cambio por cualquier variación de los agregados.


Whilén Trigozo Huidalgo
Téc. Laboratorio de Suelos
y Tecnología de Pavimentos


Valmo H. Ramos Sotillo
INGENIERO CIVIL
C.L.P. N° 83109

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS Y ANÁLISIS DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) NORMA ASTM : D 1883

PROYECTO COMPARACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO

UBICACIÓN DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO

SOLICITANTE Bach. Ing. RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA

MUESTRA COMBINACION GRAVA CHANCADA RIO MAYO 30%
GRAVA ZARANDEADA RIO MAYO 20%
ARENA TRITURADA 30%
LIGANTE (Material Arcilloso Cerro) 20%

PROFUNDIDAD ACUMULADO

FECHA 20/09/2012

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.145			Anillo CBR 600x1 Lbs.			
Óptimo Contenido de Humedad (%)	6.69						
Compacción							
Molde N°	12	13	14	Humedad (%)			
Número de capas	5	5	5	Tara N°	1	2	3
Número de golpes	56	25	12	Tara+suelo húmedo (gr.)	341.55	365.33	344.28
Peso suelo + molde (gr.)	11466	11348	11058	Tara+suelo seco (gr.)	324.95	347.00	327.66
Peso molde (gr.)	6730	6860	6790	Peso de agua (gr.)	16.60	18.33	16.62
Peso suelo compactado (gr.)	4736	4488	4268	Peso de tara (gr.)	77.00	77.85	88.65
Volumen del molde (cm ³)	2069	2064	2063	Peso de suelo seco (gr.)	248.0	269.2	239.0
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.289	2.174	2.069	Humedad (%)	6.69	6.81	6.95
				Densidad Seca (gr/cm ³)	2.145	2.036	1.934
Aplicación de Carga							
Penetración (mm)	Presión Patrón (Kg/cm ²)	Molde I		Molde II		Molde III	
		Dial	Presión (Kg/cm ²)	Dial	Presión (Kg/cm ²)	Dial	Presión (Kg/cm ²)
0.64		96	16.5	66	11.3	45	7.7
1.27		179	30.8	139	23.9	75	12.8
1.91		296	51.0	195	33.5	108	18.5
2.54	70	386	66.5	259	44.6	143	24.6
3.81		465	80.2	341	58.7	185	31.8
5.08	104	532	91.7	418	72.0	225	38.7
6.35		584	101.5	513	88.4	288	49.6
7.62							
8.89							
10.16							
11.43							
12.70							
Expansión:							
Fecha	Expansión						
	Molde I	Molde II	Molde III				
21-09-12	0	0	0				
22-09-12	6	15	22				
23-09-12	14	22	32				
24-09-12	18	35	55				
25-09-12	29	44	65				
% EXP.	0.64	0.98	1.44				

Whillem Trigozo Hidalgo
Whillem Trigozo Hidalgo
Téc. Laboratorio de Suelos
y Tecnología del Concreto

Yolme G. Ramos Ledesma
Yolme G. Ramos Ledesma
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 09103

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS ANALISIS DE SUELOS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) NORMA ASTM D 1583

PROYECTO COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO
UBICACION DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO
SOLICITANTE Bach Ing RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA
MUESTRA COMBINACION GRAVA CHANCADA RIO MAYO 30%
 GRAVA ZARANDEADA RIO MAYO 20%
 ARENA TRITURADA 30%
 LIGANTE (Material Arcilloso Cerro) 20%
PROFUNDIDAD ACUMULADO
FECHA 2009-2012

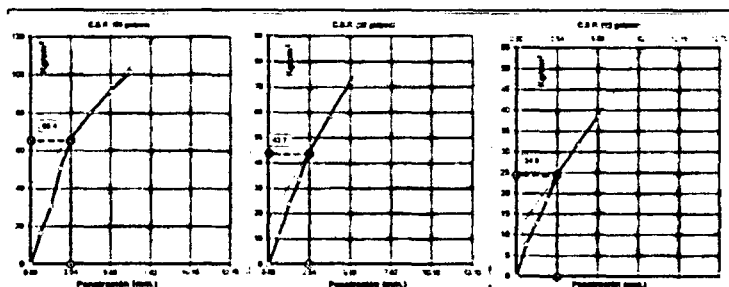
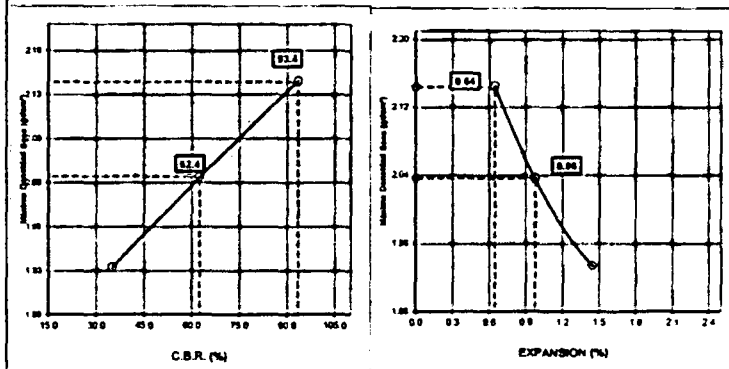


GRAFICO PARA DETERMINAR EL CBR GRAFICO PARA DETERMINAR LA EXPANSION



C.B.R.	C.B.R. (100% M.D.S.) ¹⁰¹	EXPANSION	EXP. (100% M.D.S.) ¹⁰¹
	C.B.R. (95% M.D.S.) ¹⁰¹		EXP. (95% M.D.S.) ¹⁰¹
	93.4 %		0.6 %
	62.4 %		1.0 %

DATOS DEL PROCTOR		
100% DE M.D.S.	95% DE M.D.S.	OPTIMO CONTENIDO HUMEDAD
2.145	2.037	6.69

Whilen Trigozo Hidalgo
 Whilen Trigozo Hidalgo
 Tec. Laboratorio de Suelos
 y Tecnología del Pavimento

Yulmo B. Ramos Dávalos
 Yulmo B. Ramos Dávalos
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. Nº 63109



Seriedad y Garantía

ENSAYO DE LA RELACION DE PROCTOR MODIFICADO NORMA ASTM: D 1557

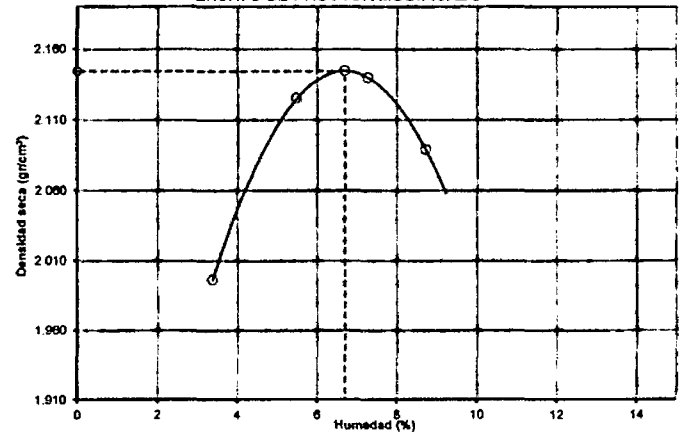
PROYECTO COMPARACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO
UBICACIÓN DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO
SOLICITANTE Bach Ing RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA
MUESTRA COMBINACION GRAVA CHANCADA RIO MAYO 30%
 GRAVA ZARANDEADA RIO MAYO 20%
 ARENA TRITURADA 30%
 LIGANTE (Material Arrolleo Cerro) 20%
PROFUNDIDAD ACUMULADO
FECHA 20/09/2012

Compactación					
Prueba N°	1	2	3	4	5
Numero de capas	5	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	18580	18075	18045	18095	
Peso molde (gr.)	6328	6328	6328	6328	
Peso suelo compactado (gr.)	4241	4607	4717	4667	
Volumen del molde (cm ³)	2055	2055	2055	2055	
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.064	2.242	2.294	2.271	

Humedad (%)					
Tara N°	1	2	3	4	5
Tara + suelo húmedo (gr.)	346.53	375.24	345.80	366.55	
Tara + suelo seco (gr.)	357.12	360.33	328.66	344.60	
Peso de agua (gr.)	9.41	14.91	16.94	22.52	
Peso de tara (gr.)	78.9	88.8	95.7	85.7	
Peso de suelo seco (gr.)	278.2	271.6	233.0	258.1	
Humedad (%)	3.38	5.49	7.27	8.72	8.7
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.996	2.125	2.140	2.089	2.089

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) 2.145
 Optimo Contenido de Humedad (%) 6.69

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO



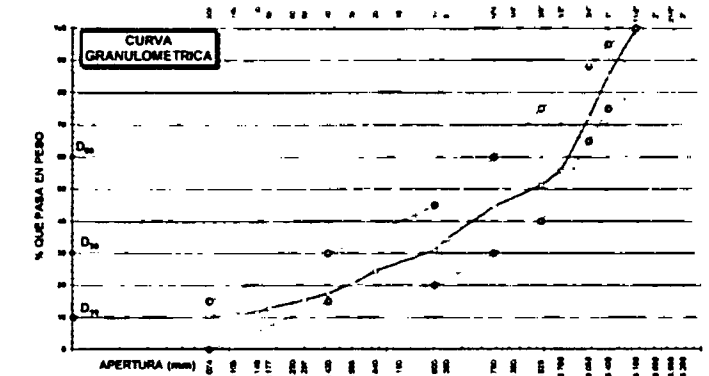
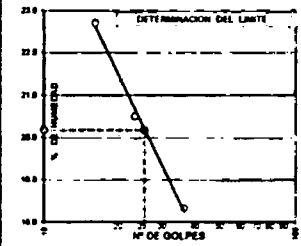
[Signature]
 Whilén Trigozo Hidalgo
 Tec. Laboratorio de suelos
 y tecnología de pavimentos

[Signature]
 Yulme B. Ramos Sotolu
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 83109

PROYECTO COMPARACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO
UBICACIÓN DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO
SOLICITANTE Bach. Ing. RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA
MUESTRA COMBINACION GRAVA CHANCADA RIO MAYO
 GRAVA ZARANDEADA RIO MAYO
 ARENA TRITURADA
 LIGANTE (Material Arcilloso Cerro)
PROFUNDIDAD ACUMULADO
FECHA 2009/2012

Diámetro de Malla	Peso de muestra	Peso Retenido	Humedad	Seca	% de Agua	Clasificación
mm	gms	gms	%	gms	%	
75	76.347	0.00	11.70	67.347	8.81	ASTM D 422 - 60
75	76.347	0.00	11.70	67.347	8.81	
150	68.940	0.00	11.70	57.240	8.29	ASTM D 422 - 60
150	68.940	0.00	11.70	57.240	8.29	
300	35.000	0.00	11.70	23.300	6.66	ASTM D 422 - 60
300	35.000	0.00	11.70	23.300	6.66	
600	10.000	0.00	11.70	8.830	8.83	ASTM D 422 - 60
600	10.000	0.00	11.70	8.830	8.83	
75	25.000	0.00	11.70	23.300	9.32	ASTM D 422 - 60
75	25.000	0.00	11.70	23.300	9.32	
150	12.700	0.00	11.70	11.630	9.16	ASTM D 422 - 60
150	12.700	0.00	11.70	11.630	9.16	
300	9.520	0.00	11.70	8.450	8.87	ASTM D 422 - 60
300	9.520	0.00	11.70	8.450	8.87	
600	0.750	0.00	11.70	0.633	8.44	ASTM D 422 - 60
600	0.750	0.00	11.70	0.633	8.44	
75	4.700	0.00	11.70	4.150	8.83	ASTM D 422 - 60
75	4.700	0.00	11.70	4.150	8.83	
150	2.400	0.00	11.70	2.150	8.96	ASTM D 422 - 60
150	2.400	0.00	11.70	2.150	8.96	
300	2.300	0.00	11.70	2.050	8.91	ASTM D 422 - 60
300	2.300	0.00	11.70	2.050	8.91	
600	1.100	0.00	11.70	0.963	8.75	ASTM D 422 - 60
600	1.100	0.00	11.70	0.963	8.75	
75	0.600	0.00	11.70	0.525	8.75	ASTM D 422 - 60
75	0.600	0.00	11.70	0.525	8.75	
150	0.400	0.00	11.70	0.350	8.75	ASTM D 422 - 60
150	0.400	0.00	11.70	0.350	8.75	
300	0.200	0.00	11.70	0.175	8.75	ASTM D 422 - 60
300	0.200	0.00	11.70	0.175	8.75	
600	0.100	0.00	11.70	0.087	8.70	ASTM D 422 - 60
600	0.100	0.00	11.70	0.087	8.70	
75	0.427	0.00	11.70	0.372	8.71	ASTM D 422 - 60
75	0.427	0.00	11.70	0.372	8.71	
150	0.100	0.00	11.70	0.087	8.70	ASTM D 422 - 60
150	0.100	0.00	11.70	0.087	8.70	
300	0.00	0.00	11.70	0.00	0.00	ASTM D 422 - 60
300	0.00	0.00	11.70	0.00	0.00	

Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Consistencia	Índice de Fluidez
20.2 %	14.4 %	0.9	-1.5



OBSERVACIONES. Grava arcillosa, mezcla de grava arena limo y arcilla de color marrón, material combinado para ser utilizado como Sub Base Granular.

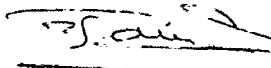
Whillen Trigozo Hidalgo
 Whillen Trigozo Hidalgo
 Tec. Labo. Civil
 y Topografía

Ricardo Martín Layza Mendiola
 RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA
 INGENIERO CIVIL
 C.R.P. N° 63189

RESISTENCIA DE ABRASIÓN		NORMA ASTM: C 535
PROYECTO	COMPARACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO	
UBICACIÓN	DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO	
SOLICITANTE	Bach. Ing. RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA	
MUESTRA	COMBINACION GRAVA CHANCADA RIO MAYO	30"
	GRAVA ZARANDEADA RIO MAYO	20"
	ARENA TRITURADA	30"
	LIGANTE (Material Arcilloso Cerro)	20"
PROFUNDIDAD	ACUMULADO	
FECHA	20/09/2012	

MUESTRA N°	01	02	
GRADACIÓN	"A"	"A"	
PESO MUESTRA	5000	5000	
1 1/2" - 1"	1250	1250	
1" - 3/4"	1250	1250	
3/4" - 1/2"	1250	1250	
1/2" - 3/8"	1250	1250	
3/8" - 1/4"			
1/4" - N° 4	-	-	
N° 4 - N° 8	-	-	
TOTAL DESGASTE	3255	3250	
PASA N° 12	1745	1750	
% DESGASTE	34.90	35.00	
PROMEDIO	34.95%		
OBSERVACIONES:			


 Whillen Trigozo Hidalgo
 Tec. Laboratorio de Suelos
 y Tecnología de Pavimento


 Yulma B. Ramos Dávila
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 68188

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS DE SUELOS Y FUNDACIONES, DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS NORMA MTC E 210

PROYECTO COMPARACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO
UBICACIÓN DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO
SOLICITANTE Bach. Ing RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA
MUESTRA COMBINACION GRAVA CHANCADA RIO MAYO : :
 GRAVA ZARANDEADA RIO MAYO : :
 ARENA TRITURADA : :
 LIGANTE (Material Arcilloso Cerro) : :
PROFUNDIDAD ACUMULADO
FECHA 20/09/2012

a.- Con una cara fracturada							
Tamaño del Agregado		A	B	C	D	E	Observaciones
Pasa Tamiz	Retenido T.	(g)	(g)	(B/A)*100	% Parcial	CxD	
1 1/2"	1"						
1"	3/4"	421.3	105	24.9	13.2	328.13	
3/4"	1/2"	523.3	1325	253.2	16.4	4140.63	
1/2"	3/8"	145.6	685.5	470.8	4.6	2142.19	
Total:		1090.2			34.1	6610.9	
Porcentaje con una cara fracturada =					$\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}}$	194.0	%
b.- Con dos o más caras fracturadas							
Tamaño del Agregado		A	B	C	D	E	Observaciones
Pasa Tamiz	Retenido T.	(g)	(g)	(B/A)*100	% Parcial	CxD	
1 1/2"	1"						
1"	3/4"	421.3	98	23.3	13.2	306.25	
3/4"	1/2"	523.3	1174	224.3	16.4	3688.75	
1/2"	3/8"	145.6	632.5	434.4	4.6	1976.56	
Total:		1090.2			34.1	5951.6	
Porcentaje con dos o más caras fracturadas =					$\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}}$	174.7	%

Whilen Trigozo Hidalgo
 Whilen Trigozo Hidalgo
 Tec. Laboratorio de Suelos
 y Tecnología del Pavimento

Yulmo R. Ferrero Landa
 Yulmo R. Ferrero Landa
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 09109

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTADIOS AVANZADOS DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL CONCRETO

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE

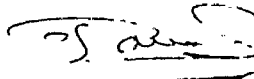


PORCENTAJE DE CHATAS Y ALARGADAS EN LOS AGREGADOS	NORMA MTC E 221
---	-----------------

PROYECTO COMPARACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO
UBICACIÓN DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO
SOLICITANTE Bach. Ing. RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA
MUESTRA COMBINACION GRAVA CHANCADA RIO MAYO 20%
GRAVA ZARANDEADA RIO MAYO 20%
ARENA TRITURADA 20%
LIGANTE (Material Arcilloso Cerro) 20%
PROFUNDIDAD ACUMULADO
FECHA 20/09/2012

Tamaño del Agregado		A	B	C	D	E	Observaciones
Pasa Tamiz	Retenido	(g)	(g)	(B/A)*100	% Parcial	CxD	
1 1/2"	1"						
1"	3/4"	421.30	14.0	3.3	13.2	43.75	
3/4"	1/2"	523.30	41.0	7.8	16.4	128.13	
1/2"	3/8"	145.60	65.0	44.6	4.6	203.13	
Total:		1090.2			34.1	375.0	
Porcentaje de chatas y alargadas		=		TOTAL E		11.0	%
				TOTAL D			


Whillen Trigozo Hidalgo
Tec. Laboratorio de Suelos
y Tecnología del Concreto


Yulmar B. Ramos Deuila
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 69109

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.


ESTUDIOS ANALISIS DE SUELOS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE

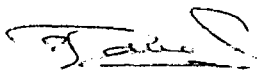


DETERMINACIÓN DE SALES SOLUBLES DEL AGREGADO (MTC 219)		NORMA MTC 219
PROYECTO	COMPARACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO	
UBICACIÓN	DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO	
SOLICITANTE	Bach. Ing. RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA	
MUESTRA	COMBINACION GRAVA CHANCADA RIO MAYO	30%
	GRAVA ZARANDEADA RIO MAYO	20%
	ARENA TRITURADA	30%
	LIGANTE (Material Arcilloso Cerro)	20%
PROFUNDIDAD	ACUMULADO	
FECHA	20/09/2012	

ARENA			
MUESTRA N°		1	2
1	PESO TARRO	116.35	131.52
2	PESO TARRO + AGUA + SAL	214.45	203.65
3	PESO TARRO SECO SAL	116.55	131.89
4	PESO SAL (3 - 1)	0.20	0.37
5	PESO AGUA (2 - 3)	97.90	71.76
6	PESO TARRO	140.30	135.60
8	PESO TARRO + MUESTRA SECA	785.63	782.54
9	PESO MUESTRA SECA (8 - 8)	845.33	846.94
10	% SALES 4/9 x 100	0.031	0.057
PROMEDIO (%)		0.044	

GRAVA			
MUESTRA N°		1	2
1	PESO TARRO	115.88	130.52
2	PESO TARRO + AGUA + SAL	221.25	206.52
3	PESO TARRO SECO SAL	116.10	130.75
4	PESO SAL (3 - 1)	0.22	0.23
5	PESO AGUA (2 - 3)	105.15	75.77
6	PESO TARRO	140.30	135.60
8	PESO TARRO + MUESTRA SECA	785.63	782.54
9	PESO MUESTRA SECA (8 - 6)	845.33	846.94
10	% SALES 4/9 x 100	0.034	0.036
PROMEDIO (%)		0.035	


Whillen Trigozo Hidalgo
Tec. Laboratorio de Suelos
y Tecnología del


Yulmo B. Ramos Estrada
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 69111

3.2 BASE

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.
ESTUDIOS ANÁLISIS DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE

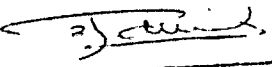


DISEÑO DE BASE GRANULAR

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN
2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA BASE GRANULAR
 - 2.1 Agregados
3. MATERIALES INVOLUCRADOS EN LA MEZCLA
4. COMBINACIÓN DE LA MEZCLA
 - 4.1 Proporciones de combinación de la mezcla de combinación
 - 4.2 Características de mezcla
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
6. REGISTRO FOTOGRÁFICO
7. ANEXO
 - ENSAYOS
 - Cuadro de Resumen de Granulometrías para fórmula de trabajo
 - Granulometrías
 - Límites
 - Caras Fracturadas
 - Chatas y Alargadas
 - Equivalente de Arena
 - Proctor Modificado
 - Ensayo de CBR
 - Abrasión
 - Sales Solubles
 - Durabilidad


Whilén Trigozo Hidalgo
Tec. Laboratorio de Suelos
y Tecnología del Concreto


Vilmo B. Ramos Lúculo
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 69189

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS DE ANÁLISIS DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL CONCRETO

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



DISEÑO DE MEZCLA DE BASE GRANULAR

1. INTRODUCCIÓN

Este informe tiene por objetivo presentar los estudios y resultados del diseño de mezcla de Base Granular, dicha mezcla será producida en laboratorio de Suelos y pavimentos.

Este estudio fue elaborado de acuerdo a la Ingeniería de Detalle del Proyecto y basado en las Especificaciones Técnicas Generales para la **COMPARACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO.**

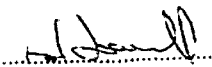
2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA BASE GRANULAR

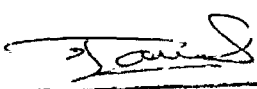
2.1 Agregados

Según la Ingeniería de Detalle del Proyecto y como es ratificado en las Especificaciones Técnicas Generales de Construcción de Carreteras EG - 2000 del MTC; para la construcción de bases granulares, los materiales serán agregados naturales procedentes de excedentes de excavaciones o canteras clasificadas, o podrán provenir de la trituración de rocas y gravas, o podrán estar constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias.

Tabla 02-1
Requerimientos Granulométricos para Base Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso
	Gradación B
50 mm (2")	100
25 mm (1")	75 - 95
9.5 mm (3/8")	40 - 75
4.75 mm (Nº 4)	30 - 60
2.0 mm (Nº 10)	20 - 45
4.25 um (Nº 40)	15 - 30
0.075 um (Nº 200)	5 - 15


Whillan Trigozo Hidalgo
Téc. Laboratorio de Suelos
y tecnología del C. I. C.


Ylaine B. Ramos Lavila
INGENIERO CIVIL
C.I.P. Nº 89109



Valor Relativo de Soporte, CBR (1)	Tráfico Ligero y Medio	Min 80%
	Tráfico Pesado	Min 100%

Además, el material también deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

Tabla 02-2
Requerimientos de Agregado Grueso

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% min.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% min.
Abrasión de los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.
Partículas Chatas y Alargadas (1)	MTC E 211	D 4791		20% máx.
Sales Solubles	MTC E 219	D 1888		0.5% máx.

(1) La relación ha emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud)

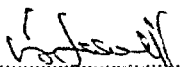
Tabla 02-3
Requerimientos de Agregado Fino

Ensayo	Norma MTC	Requerimiento
Índice Plástico	MTC E 111	4% máx.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín.
Sales solubles totales	MTC E 219	0.5% máx.
Índice de durabilidad	MTC E 214	35% mín.

3. MATERIALES INVOLUCRADOS EN LAS MEZCLAS

Material zarandeado de Cantera Rio Mayo 20%

Material Global que se procesa en la Planta Industrial de Maceda –lado izquierdo carretera Tarapoto – Moyobamba.


 Whillen Trigozo Hidalgo
 Tec. Laboratorio de Suaves y tecnología del concreto


 Yulmo B. Ramos Devala
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 82109

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

CON LOS MÁS AVANZADOS SISTEMAS TECNOLÓGICOS DEL CONCRETO

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



Material Grava Chancada de Cantera Rio Mayo 40%

Material que se procesa en la Planta Industrial de Maceda - Lado Izquierdo Carretera Tarapoto – Moyobamba.

Arena triturada 40%

Material que se procesa en la Planta Industrial de Maceda - Lado Izquierdo Carretera Tarapoto – Moyobamba.

Material Ligante (Cantera de Cerro), 10%

Material de cantera de cerro.

4. COMBINACION DE MEZCLA


Con los materiales antes mencionados y mediante método combinación obtendremos las proporciones participantes de cada material para obtener una gradación que atienda la Especificación Granulométrica: Gradación Tipo B y simultáneamente cumpla con los requerimientos de ensayos especiales descritos anteriormente.


4.1 PROPORCIONES DE COMBINACIÓN DE LA MEZCLA DBG-PI3.5TY_02

- Material chancado 1 ½" – 3/16" – Rio Mayo : 40%
- Material Global 1 ½" – 3/16" – Rio Río Mayo : 20 %
- Arena triturada : 30
- Material cantera estancia : 10%

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA

Las características físicas – mecánicas de la mezcla en laboratorio se encuentran resumidas en el siguiente cuadro, donde se puede apreciar claramente que se ha cumplido con lo exigido:


Whillean Trigozo Hidalgo
Téc. Laboratorio de Suelos
y Tecnología Terrestre


Yalmir Pineda
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 69109

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ANÁLISIS DE MATERIALES DE CONCRETO

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



Tabla 04-2

Resumen de las características físico - mecánicas del agregado grueso.

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Valores		
				Exigidos	Diseño	Chequeo
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% mín.	122.7%	Cumple
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 582		40% mín.	102.8%	Cumple
Abrasión de los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.	25.88%	Cumple
Partículas Chatas y Alargadas (1)	MTC E 211	D 4791		20% máx.	4.2%	Cumple
Perdida por sulfato de Magnesio	MTC E 209	C 88	T 104	18% máx.	2.23.%	Cumple
Sales Solubles	MTC E 219	D 1888		0.5% máx.	0.08%	Cumple

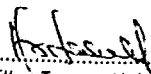
(1) La relación ha emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud)

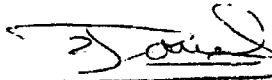
Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Valores		
				Exigidos	Diseño	Chequeo
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	100 % mín.	109.2 %	Cumple

Tabla 04-4.3

Resumen de las características físico - mecánicas del agregado Fino

Ensayo	Norma MTC	Valores		
		Exigidos	Diseño	Chequeo
Índice Plástico	MTC E 111	4% máx.	N.P.	Cumple
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín.	44%	Cumple
Sales solubles totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.08%	Cumple
Índice de durabilidad	MTC E 214	35% mín.	---	Pendiente


 Whilten Trigozo Hidalgo
 Tec. Laboratorio de Suelos
 y Tecnología del Concreto


 Yulme B. Ramos Devito
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 81101

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

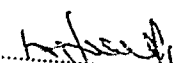
ESTUDIOS ANALISIS DE SUELOS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO

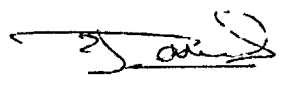
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El presente estudio muestra el diseño de mezcla de Base Granular, con agregados de la Planta Maceda, planta ubicada en la Localidad de Maceda.
- Los ensayos de laboratorio de las combinaciones de agregados se presentan en el anexo respectivo, donde se muestra que la mezcla ha cumplido con los parámetros establecidos en las presentes Especificaciones Técnicas del Proyecto.
- Se recomienda que el contenido de humedad de la mezcla de Base en planta este 2% por encima del óptimo de humedad.
- Las proporciones granulométricas de las distintas alternativas de Base, están sujetas a cambio por cualquier variación de los agregados.


Whillen Trigozo Hidalgo
Téc. Laboratorio de Suelos
y Tecnología del Concreto


Ylvaro B. Ramos Dávalos
INGENIERO CIVIL
C.I.P. Nº 69100

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS Y ANÁLISIS DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL CONCRETO

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

NORMA ASTM : D 1883

PROYECTO COMPARACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO

UBICACIÓN DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO

SOLICITANTE Bach. Ing. RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA

MUESTRA COMBINACION GRAVA CHANCADA RIO MAYO 40%
GRAVA ZARANDEADA RIO MAYO 20%
ARENA TRITURADA 30%
LIGANTE (Material Arcilloso Cerro) 10%

PROFUNDIDAD ACUMULADO

FECHA 20/09/2012

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³) :	2.194	Amilco CBR:	6000 Lbs.				
Optimo Contenido de Humedad (%) :	4.98						
Compacción							
Molde N°	12	13	14				
Número de capas	5	5	5				
Número de golpes	56	25	12				
Peso suelo + molde (gr.)	11496	11378	11081				
Peso molde (gr.)	6730	6860	6790				
Peso suelo compactado (gr.)	4766	4518	4291				
Volumen del molde (cm ³)	2069	2064	2063				
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.304	2.189	2.080				
Humedad (%)							
Fara N°	1	2	3				
Fara+suelo húmedo (gr.)	475.55	424.15	465.25				
Fara+suelo seco (gr.)	456.55	407.75	446.75				
Peso de agua (gr.)	19.00	16.40	18.50				
Peso de tara (gr.)	73.45	85.87	92.65				
Peso de suelo seco (gr.)	381.1	321.9	354.1				
Humedad (%)	4.99	5.10	5.22				
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.194	2.083	1.977				
Aplicación de Carga							
Penetración (mm)	Presión Patrón (Kg/cm ²)	Molde I		Molde II		Molde III	
		Dial	Presión (Kg/cm ²)	Dial	Presión (Kg/cm ²)	Dial	Presión (Kg/cm ²)
0.64		114	19.6	92	15.8	68	11.6
1.27		252	43.4	175	30.1	106	18.2
1.91		351	60.5	238	41.0	144	24.7
2.54	70	441	76.0	315	54.3	185	31.8
3.81		551	95.0	396	68.2	246	42.3
5.08	104	642	110.7	469	80.8	301	51.8
6.35		712	122.7	501	86.3	355	61.1
7.62							
8.89							
10.16							
11.43							
12.70							
Expansión:							
Fecha	Expansión						
	Molde I	Molde II	Molde III				
21-09-12	0	0	0				
22-09-12	0	0	0				
23-09-12	6	9	15				
24-09-12	12	18	26				
25-09-12	18	32	42				
% EXP.	0.40	0.71	0.93				

Whillen Trigozo Hidalgo
 Whillen Trigozo Hidalgo
 Tec. Laboratorio de Suelos y Tecnología del Pavimento

J. Ramus Bravila
 J. Ramus Bravila
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 69189

L.G. E.I.R.L. LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

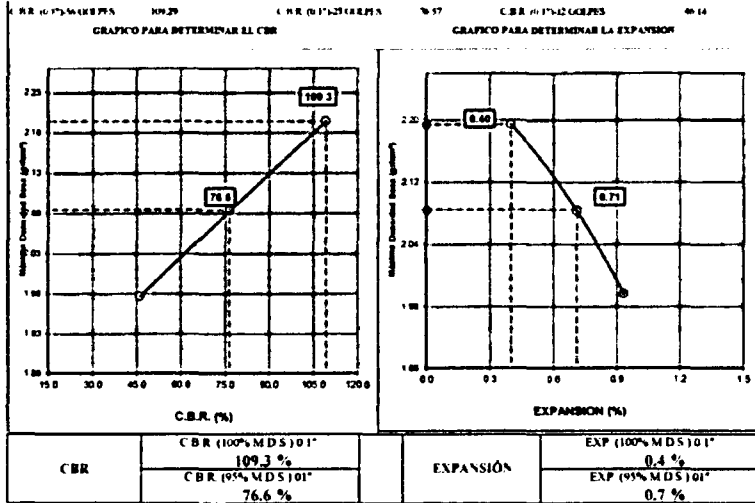
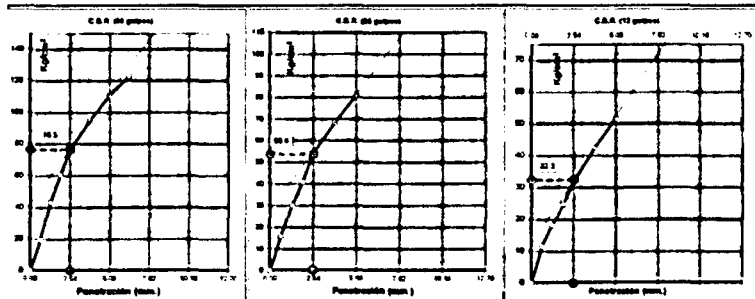
ESTUDIOS ANALISIS DE SUELOS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE

Seriedad y Garantía



ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) NORMA ASTM: D 1583

PROYECTO COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO
UBICACION DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO
SOLICITANTE Bach. Ing. RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA
MUESTRA COMBINACION GRAYA CHANCADA RIO MAYO 40%
GRAVA ZARANDEADA RIO MAYO 20%
ARENA TRITURADA 30%
LIGANTE (Material Arcilloso Cerro) 10%
PROFUNDIDAD ACUMULADO
FECHA 20/09/2012



DATOS DEL PROCTOR

100% DE M.D.S	95% DE M.D.S	OPTIMO CONTENIDO HUMEDAD
2.194	2.084	4.98

Whillen Trigozo Hidalgo
Whillen Trigozo Hidalgo
Téc. Laboratorio de Suelos
y Tecnología de Pavimentos

Yvaldo B. Ramos Dávalos
Yvaldo B. Ramos Dávalos
INGENIERO CIVIL
C.I.P. Nº 68188

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS ANALISIS DE SUELOS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



ENSAYO DE LA RELACION DE PROCTOR MODIFICADO NORMA ASTM: D 1557

PROYECTO COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO

UBICACION DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO

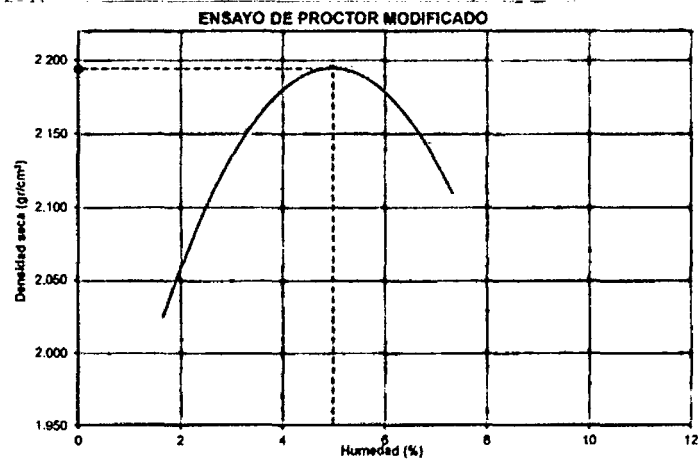
SOLICITANTE Bach. Ing. RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA

MUESTRA COMBINACION GRAVA CHANCADA RIO MAYO 40%
GRAVA ZARANDEADA RIO MAYO 20%
ARENA TRITURADA 30%
LIGANTE (Material Arcilloso Cerro) 10%

PROFUNDIDAD ACUMULADO

FECHA 20/09/2012

Compactación		T ^o			
Prueba N°	1	2	3	4	
Numero de golpes	5	5	5	5	
Numero de golpes	5	5	5	5	
Peso suelo + molde (gr.)	1853.6	1689.3	1189.5	1109.0	
Peso molde (gr.)	632.8	632.8	632.8	632.8	
Peso suelo compactado (gr.)	4230	4567	4747	4702	
Volumen del molde (cm ³)	2055	2055	2055	2055	
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.058	2.222	2.310	2.288	
Humedad (%)					
Tara N°	1	2	3	4	
Tara + suelo húmedo (gr.)	336.35	345.88	395.00	412.12	
Tara + suelo seco (gr.)	332.3	337.00	370.45	390.55	
Peso de agua (gr.)	4.25	8.88	15.15	21.57	
Peso de tara (gr.)	75.5	69.6	85.2	74.6	
Peso de suelo seco (gr.)	256.8	267.5	285.2	316.0	
Humedad (%)	1.65	3.32	5.31	6.87	6.8
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.025	2.151	2.193	2.142	2.142
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.194				
Óptimo Contenido de Humedad (%)	4.98				



Whillen Trigozo Hidalgo
Whillen Trigozo Hidalgo
Tec. Laboratorios de Suelos
y Tecnología del Concreto

Yusnel B. Ramos Lévila
Yusnel B. Ramos Lévila
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 00189

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS ANALISIS DE SUELOS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE

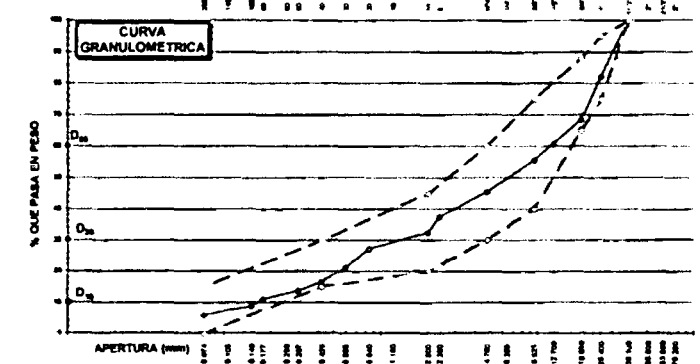
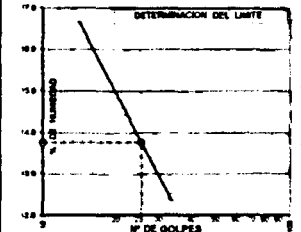


Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg NORMAS . D 422 - D 4318

PROYECTO: COMPARACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO
UBICACIÓN: DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO
SOLICITANTE: Bach Ing RICARDO MARTIN LAYZA MENDOLA
MUESTRA: COMBINACION GRAVA CHANCADA RIO MAYO
 GRAVA ZARANDEADA RIO MAYO
 ARENA TRITURADA
 LIGANTE (Material Arcilloso Cerro)
PROFUNDIDAD: ACUMULADO
FECHA: 20/09/2012

Diámetro de Tamiz (mm)	Peso (g)	Humedad 127.00 g		Seco 12000.0 g		Apertura (mm)	Mín.	Máx.
		Hum.	Seco	Hum.	Seco			
75	10.00	0.0	0.0	0.0	0.0	75	0.0	0.0
150	25.00	17.9	17.9	82.1	82.1	150	0.0	0.0
300	169.1	13.8	11.7	66.3	65.9	300	0.0	0.0
600	923.6	7.7	39.4	66.6	66.6	600	0.0	0.0
1250	614.8	5.1	44.5	55.5	59.0	1250	0.0	72.0
2500	1214.9	10.1	54.7	45.1	39.0	2500	0.0	69.0
5000	963.3	8.0	42.7	37.3	26.0	5000	0.0	45.0
10000	685.5	5.0	67.7	32.3	26.0	10000	0.0	45.0
15000	433.3	5.2	72.9	27.1	15.0	15000	0.0	30.0
20000	712.0	5.9	76.8	23.2	15.0	20000	0.0	30.0
40000	569.6	4.7	81.6	16.4	15.0	40000	0.0	30.0
75000	336.7	2.8	86.4	13.6	15.0	75000	0.0	30.0
150000	206.7	2.2	89.1	10.9	15.0	150000	0.0	30.0
300000	149.9	2.3	91.4	8.0	15.0	300000	0.0	30.0
600000	110.5	2.0	94.2	5.8	0.0	600000	0.0	15.0
1200000	74.8	2.0	94.2	5.8	0.0	1200000	0.0	15.0

Límite Líquido - ASTM D 422			
Velocidad	10	10	10
Nº de Golpes	25	25	25
Índice de Plasticidad	15	15	15
Índice de Fluidez	10	10	10
Índice de Compactación	10	10	10
Índice de Consistencia	10	10	10



OBSERVACIONES: Grava chancada, grava natural de color gris, material de cantera, para ser utilizado en base granular

Whillen Trigozo Hidalgo
 Tec. Labora
 y Tecnología

Yolma B. Ramos Davila
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. Nº 69169

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

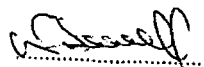
ESTUDIOS Y DESARROLLO DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL CONCRETO

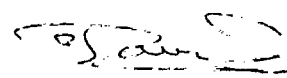
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



RESISTENCIA DE ABRASIÓN		NORMA ASTM: C 535
PROYECTO	COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO	
UBICACIÓN	DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO	
SOLICITANTE	Bach Ing RICARDO MARTIN LAYZA MENDOZA	
MUESTRA	COMBINACION GRAVA CHANCADA RIO MAYO	40%
	GRAVA ZARANDEADA RIO MAYO	20%
	ARENA TRITURADA	20%
	LIGANTE (Material Arcilloso Cerro)	10%
PROFUNDIDAD	ACUMULADO	
FECHA	20/09/2012	

MUESTRA Nº	01	02	
GRADACIÓN	"A"	"A"	
PESO MUESTRA	5000	5000	
1 1/2 - 1	1250	1250	
1 - 3/4	1250	1250	
3/4 - 1/2	1250	1250	
1/2 - 3/8	1250	1250	
3/8 - 1/4			
1/4 - Nº 4	-	-	
Nº 4 - Nº 8	-	-	
TOTAL DESGASTE	3712	3700	
PASA Nº 12	1288	1300	
% DESGASTE	25.76	26.00	
PROMEDIO	25.88%		
OBSERVACIONES:			
.....			
.....			
.....			


 Whillen Trigozo Hidaigo
 Tec. Laboratorio de Suelos
 y Tecnología del Concreto


 Wilfredo Ramos Davila
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. Nº 59109

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS ANALISIS DE SUELOS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



DETERMINACIÓN DE SALES SOLUBLES DEL AGREGADO (MTC 219)	NORMA MTC 219
--	---------------

PROYECTO COMPARACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO

UBICACIÓN DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO

SOLICITANTE Bach. Ing. RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA

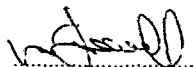
MUESTRA COMBINACION GRAVA CHANCADA RIO MAYO 40%
GRAVA ZARANDEADA RIO MAYO 20%
ARENA TRITURADA 30%
LIGANTE (Material Arcilloso Cerro) 10%

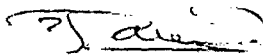
PROFUNDIDAD ACUMULADO

FECHA 20/09/2012

ARENA			
MUESTRA N°		1	2
1	PESO TARRO	115.25	132.60
2	PESO TARRO + AGUA + SAL	213.65	200.51
3	PESO TARRO SECO SAL	115.45	132.82
4	PESO SAL (3 - 1)	0.20	0.22
5	PESO AGUA (2 - 3)	98.20	67.69
6	PESO TARRO	140.30	135.60
8	PESO TARRO + MUESTRA SECA	785.63	782.54
9	PESO MUESTRA SECA (8 - 6)	645.33	646.94
10	% SALES 4/9 x 100	0.031	0.034
PROMEDIO (%)		0.032	

GRAVA			
MUESTRA N°		1	2
1	PESO TARRO	115.25	132.60
2	PESO TARRO + AGUA + SAL	213.65	200.51
3	PESO TARRO SECO SAL	115.41	132.78
4	PESO SAL (3 - 1)	0.16	0.18
5	PESO AGUA (2 - 3)	98.24	67.73
6	PESO TARRO	140.30	135.60
8	PESO TARRO + MUESTRA SECA	785.63	782.54
9	PESO MUESTRA SECA (8 - 6)	645.33	646.94
10	% SALES 4/9 x 100	0.025	0.028
PROMEDIO (%)		0.026	


Whillen Trigozo Hidalgo
Tec. Laboratorio de Suelos
y Tecnología de Pavimentos


Yulmo R. Ramos Davila
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 69189

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

INSTITUCIÓN DE INVESTIGACIONES Y TECNOLOGÍA DEL CONCRETO

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS	NORMA MITC E 210
---	------------------

PROYECTO COMPARACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO

UBICACIÓN DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO

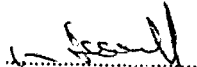
SOLICITANTE Bach. Ing. RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA

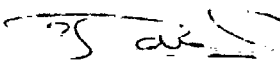
MUESTRA COMBINACION GRAVA CHANCADA RIO MAYO 40%
GRAVA ZARANDEADA RIO MAYO 25%
ARENA TRITURADA 25%
LIGANTE (Material Arcilloso Cerro) 10%

PROFUNDIDAD ACUMULADO

FECHA 20/09/2012

a.- Con una cara fracturada							
Tamaño del Agregado		A	B	C	D	E	Observaciones
Pasa Tamiz	Retenido T.	(g)	(g)	(B/A)*100	% Parcial	CxD	
1 1/2"	1"						
1"	3/4"	1652.1	986.6	59.7	13.8	822.17	
3/4"	1/2"	925.6	1965.5	212.3	7.7	1637.92	
1/2"	3/8"	614.8	965.3	157.0	5.1	804.42	
Total:		3192.5			26.6	3264.5	
Porcentaje con una cara fracturada =					$\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}}$	122.7 %	
b.- Con dos o más caras fracturadas							
Tamaño del Agregado		A	B	C	D	E	Observaciones
Pasa Tamiz	Retenido T.	(g)	(g)	(B/A)*100	% Parcial	CxD	
1 1/2"	1"						
1"	3/4"	1652.1	632.3	38.3	13.8	526.92	
3/4"	1/2"	925.6	1824.7	197.1	7.7	1520.58	
1/2"	3/8"	614.8	825.3	134.2	5.1	687.75	
Total:		3192.5			26.6	2735.3	
Porcentaje con dos o más caras fracturadas =					$\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}}$	102.8 %	


Whillen Trigozo Hidalgo
Tec. Laboratorio de Suelos
y Tecnología de


Wilmer R. Ramos Sandoval
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 68199

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

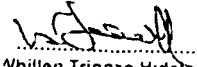
LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS ANALISIS DE SUELOS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



PORCENTAJE DE CHATAS Y ALARGADAS EN LOS AGREGADOS		NORMA MTCE 221	
PROYECTO	COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO		
UBICACIÓN	DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO		
SOLICITANTE	Bach. Ing. RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA		
MUESTRA	COMBINACION GRAVA CHANCADA RIO MAYO	40%	
	GRAVA ZARANDEADA RIO MAYO	20%	
	ARENA TRITURADA	30%	
	LIGANTE (Material A)	10%	
PROFUNDIDAD	ACUMULADO		
FECHA	20/09/2012		

Tamaño del Agregado		A	B	C	D	E	Observaciones
Pasa Tamiz	Retenido T	(g)	(g)	(B/A)*100	% Parcial	CxD	
1 1/2"	1"						
1"	3/4"	1652.10	15.0	0.9	13.8	12.50	
3/4"	1/2"	925.60	65.0	7.0	7.7	54.17	
1/2"	3/8"	614.80	55.0	8.9	5.1	45.83	
Total:		3192.5			26.6	112.5	
Porcentaje de chatas y alargadas		=	TOTAL E	4.2	%	TOTAL D	


Whillen Trigozo Hidalgo
Téc. Laboratorio de Suelos
y tecnología del concreto


Yulma B. Ramos Bédula
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 66189

3.3 DISEÑO PARA CAPA DE SUPERFICIE DE CONCRETO ASFÁLTICO

L.G. E.I.R.L. LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS ANÁLISIS DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE

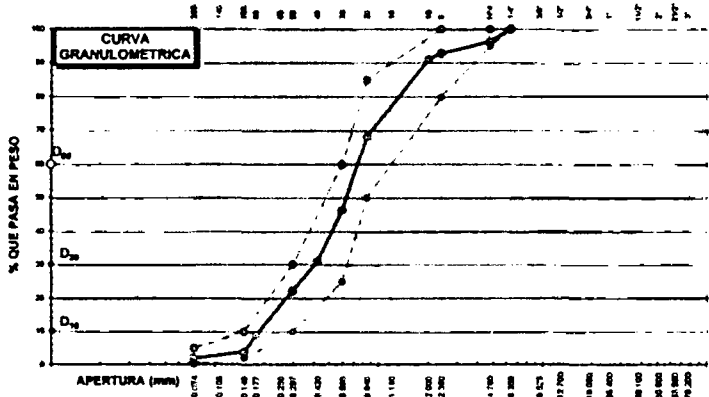
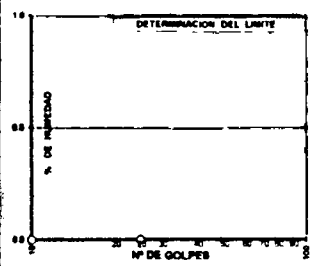


Seriedad y Garantía

Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg NORMAS ASTM: D 422 - D 4318

PROYECTO: COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO
UBICACION: DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO
SOLICITANTE: Bach Ing RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA
MUESTRA: ARENA RIO CUMBASA
FECHA: 18/09/2012

Densidad aparente	Peso de muestra	Humedad	632.0	Seis	800	Especificación	Tipo	ASTM D 422	
								Límite Líquido	Límite Plástico
	100.0	0.0	100.0	100.0	100.0				
	136.3	22.7	31.7	68.3	85.0				
	131.1	21.9	53.6	46.4	80.0				
	92.1	14.4	68.9	31.1	80.0				
	52.2	8.7	77.4	22.4	10.0				
	29								
	70.8	13.1	86.9	9.1					
	37.2	5.2	95.1	3.9	10.0				
	11.3	1.9	98.0	2.0	0.0				
	11.9								



OBSERVACIONES: Arena de grano grueso, material de cantera para ser utilizado en concreto.

[Signature]
Whillan Trigozo Hidalgo
Tec. Laboratorio de Suelos
y Tecnología del Concreto



Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg NORMAS ASTM : D 422 - D 4318

PROYECTO COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO

UBICACIÓN DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO

SOLICITANTE Bach. Ing. RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA

MUESTRA GRAVA CHANCADA RIO HUALLAGA

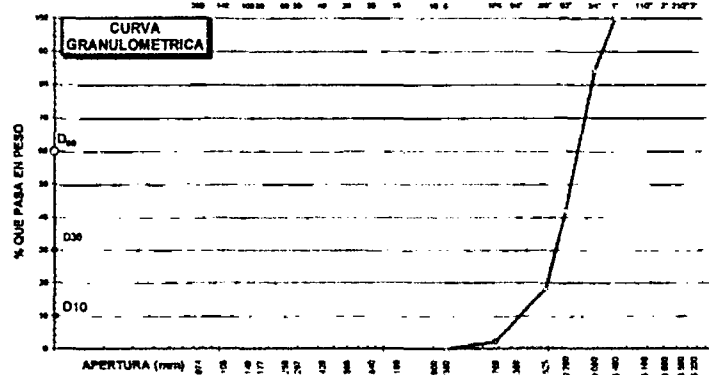
PROFUNDIDAD ACUMULADO

FECHA 18/09/2012

Datos de muestra		Humedad		2000		2000	
Peso (g)		%		%		%	
Peso seco		Retenido		Retenido		Retenido	
Peso		Porcent. Acum.		Porcent. Acum.		Porcent. Acum.	
30"	75.200						
2.1.2"	81.400						
2"	94.000						
1.1.2"	56.500						
1"	25.400	0.0					
1.4"	16.500	468.6	15.8	15.8	84.2		
1.2"	12.500	1245.3	42.1	57.9	42.1		
3/5"	1.520	704.7	23.8	81.7	18.3		
1.4"	1.500						
Nod.	4.700	475.1	16.1	97.8	2.2		
8	2.500	66.3	2.2	100.0	0.0		
10	2.100						
16	1.100						
20	0.600						
50	0.500						
60	0.400						
80	0.170						
100	0.160						
140	0.100						
200	0.000	0.0			0.0		

Índice de Plasticidad	NP	Índice de Consistencia	
Índice de Fluidez	NP	Índice de Fluidez	
Índice de Plasticidad	NP	Diámetro 10%	D ₁₀
Índice de Plasticidad	NP	Diámetro 30%	D ₃₀
Índice de Plasticidad	NP	Diámetro 60%	D ₆₀
Índice de Plasticidad	NP	Cu = D ₆₀	
Índice de Plasticidad	NP	Cc = (D ₃₀) ² / (D ₁₀ * D ₆₀)	

Límite Líquido	NP	Límite Plástico	NP
ASTM D 223		ASTM D 223	
ASTM D 223		ASTM D 223	
ASTM D 223		ASTM D 223	
ASTM D 223		ASTM D 223	
ASTM D 223		ASTM D 223	
ASTM D 223		ASTM D 223	
ASTM D 223		ASTM D 223	
ASTM D 223		ASTM D 223	
ASTM D 223		ASTM D 223	



OBSERVACIONES Grava chancada de la cantera Río Huallaga, material para ser utilizado en concreto.

[Signature]
 Whilpen Trigozo Hidaigo
 Tec. Laboratorio de Suelos y tecnología del concreto

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS ANÁLISIS DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



Tarapoto 20 de Setiembre del 2012

Diseño para capa de Superficie de Concreto asfáltico a emplearse en la Tesis "COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO. EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO".
Materiales Utilizados: Cemento Asfáltico 60/70 de penetración y agregados procesados de la cantera Pto. López Km. 34+200 lado izquierdo Río Huallaga y arena zarandeada de la cantera Río Cumbaza.

De conformidad con la Especificaciones Técnicas del Proyecto, estamos presentando el diseño de la mezcla asfáltica en caliente, utilizando la gradación de la Norma MTC MAC - 2 para capa de superficie.

El presente diseño de mezcla asfáltica en caliente para capa de superficie

Hecho en nuestro laboratorio con la norma MTC E 504 se verifico en la planta de asfalto se realizaron calibraciones de los agregados en seco piedra triturada, arena procesada y arena natural, y se preparo mezcla en caliente en la planta de asfalto, determinándose el optimo de cemento asfáltico real y el cumplimiento de los de más requerimientos especificados por proyecto.

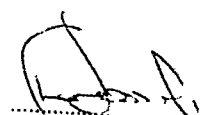
Los resultados de los ensayos efectuados son los siguientes:

A. MATERIALES

1.1 Cemento asfáltico: Procedencia : Refinería Talara PETROPERÚ
 Penetración : 60/70
 Gravedad Especifica : 1.0021 gr. /CC
 Ductilidad : > 150

1.2 Agregados Pétreos:

1.2.1 Análisis granulométrico del agregado gravoso, cantera Pto. López


Whilten Trigozo Hidalgo
Tec. Laboratorio de Suelos
y Tecnología del Concreto

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS ANÁLISIS DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



PIEDRA TRITURADA

TAMIZ	% Ret. Acumulado	% que pasa
¾		100.0
½"	41.8	58.2
3/8"	81.7	18.3
# 4	100.0	

1.2.2 Análisis granulométrico del agregado fino, cantera Pto. López

ARENA PROCESADA

TAMIZ	% Ret. Acumulado	% que pasa
3/8"	-----	100.00
# 4	20.6	79.4
# 10	44.8	55.2
# 40	67.7	32.3
# 80	86.3	13.7
# 200	92.9	7.1
# 200	100.00	

1.2.3 Análisis granulométrico del agregado fino cantera Río Cumbaza

ARENA NATURAL

TAMIZ	% Ret. Acumulado	% que pasa
3/8"	-----	100.0
# 4	8.0	92.0
# 10	13.0	87.0
# 40	59.2	40.8
# 80	85.4	14.6
# 200	92.7	7.3
# 200	100.0	

Whillen Trigozo Hidalgo
Tec. Laboratorio de Suelos
y tecnología del concreto



B. OTRAS CARACTERISTICAS

3.1 Gravedad Específica y Absorción de los Agregados. Se adjunta hoja de ensayo

Para cálculos del Ensayo Marshall y determinar % de vacíos con aire.

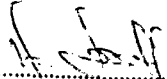
- Max. Densidad Teórica	:	(gr/cc)
Agregado Grueso	:	2.672
Agregado Fino	:	2.719
- Pesos Específicos Promedio de los Áridos	:	(gr/cc)
Agregado Grueso	:	2.607
Agregado Fino	:	2.655

C. DISEÑO MARSHALL EN LABORATORIO

4.1 De acuerdo a los criterios del método Marshall MTC E 504 y Especificaciones Técnicas del Proyecto.

- Numero de golpes en cada lado		75
- Estabilidad Marshall kg.		815 min.
- Valor de Flujo mm		8 - 14
- Vacíos de Aire %		3 --5
- V.M.A. para Ø ¼"		
- Índice de Rigidez		1700 - 3000
- Resistencia Retenida %	min.	Min. 70 %
- Índice de Compactibilidad		Min. 5%
- Relación Polvo - Asfalto		0,6 - 1,3
- Resistencia Conservada		Min.70

4.2 Resultado de los Ensayos:	Resultados	Cumple Especificación
- Estabilidad Marshall kg.	876 Kg./cm.	Si
- Valor de Flujo 0.01"	11.81	Si
- Vacíos de Aire %	4.5 %	Si
- V.M.A. para Ø ¼"	18.2 %	Si


 Whilén Trigozo Hidalgo
 Tec. Laboratorio de Suelos
 y tecnología del concreto

L.G. E.I.R.L.

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS ANÁLISIS DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL CONCRETO



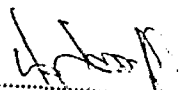
Seriedad y Garantía

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE

- Estabilidad / flujo (kg/mm)	2920	Si
- Estabilidad retenida ensayo Marshall %	80.0 %	Si
- Índice de Compactabilidad	7.69 %	Si
- Relación Polvo – Asfalto	0.6 l	Si
- Granulometría MTC – MAC -2	Cumple	Si
- Temperatura de mezcla	140 °c	
- Cemento Asfáltico en la curva diseño	6.50 % ± 0.3 %	
- Agregado Grueso > N° 4	44.45 % ± 5 %	
- Agregado Fino < N° 4	55.55 % ± 4 %	

D. ENSAYO MARSHALL MEZCLA DE PRODUCCION DE LA PLANTA DE ASFALTO

4.2 Resultado de los Ensayos:	Resultados	Cumple Especificación
- Estabilidad Marshall Kg.	969 Kg./cm.	Si
- Valor de Flujo 0.01''	13.45	Si
- Vacíos de Aire %	4.5 %	Si
- V.M.A. para Ø ¾''	17.9 %	Si
- Estabilidad / flujo (kg/Mm.)	2840 Kg./Mm.	Si
- Estabilidad retenida ensayo Marshall %	82.6 %	Si
- Índice de Compactabilidad	7.69 %	Si
- Granulometría MTC – MAC -2	Cumple	Si
- Relación Polvo – Asfalto	0,6 l	Si
- Resistencia Conservada	Min.	Si
- Temperatura de Agregados	150 °c	
- Temperatura de mezcla	140 °c	
- Temperatura del rodillo tanden	< 130 °c	
- Temperatura del rodillo neumático	< 100 °c	
- Temperatura del PEN 60/70	140 °c	
- Cemento Asfáltico Optimo	6.62 % ± 0.3 %	Si
- Agregado Grueso > N° 4	44.45 % ± 5 %	Si
- Agregado Fino < N° 4	55.55 % ± 4 %	Si


Whillen Trigozo Hidalgo
Tec. Laboratorio de Suelos
y tecnología del concreto

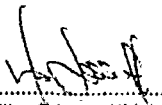


E - ENSAYOS ESPECIALES

Con los agregados procesados de la cantera Pto. López se ha efectuado los siguientes ensayos:

(a) Agregados Minerales Grueso	Especificación	Resultado
- Caras Fracturadas. MTC E 210	>0.3 - 1(65/40)	96/87
- Abrasión Los Ángeles MTC E 207	Máx. 40 %	14.3 %
- Índice de Durabilidad MTC E 214	35 %	58.0 %
- Partículas chatas y alargadas MTC E 221	Máx. 10 %	7.7 %
- Durabilidad (Sulfato Sodio) MTC E 209	Máx. 12 %	4.54 %

(a) Agregados Minerales Finos	Especificación	Resultado
- Índice Plasticidad MTC E 111	N.P.	N.P.
- Angularidad del agregado fino MTC E 222	> 0.3 - 1(40 min.)	45.0 %
- Equivalente de Arena	≤ 3 (45min)	63.2 %
- Ensayo de Adherencia Riedel Weber	> 4	Grado "5"
- Durabilidad (Sulfato de Sodio)	Max. 10 %	5.15 %


 Whillen Trigozo Hidalgo
 Tec. Laboratorio de Suelos
 y tecnología del concreto



PROYECTO	COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO
UBICACIÓN	DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO
SOLICITANTE	Bach. Ing. RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA
MUESTRA	GRAVA CHANCADA RIO HUALLAGA ARENA RIO CUMBAZA

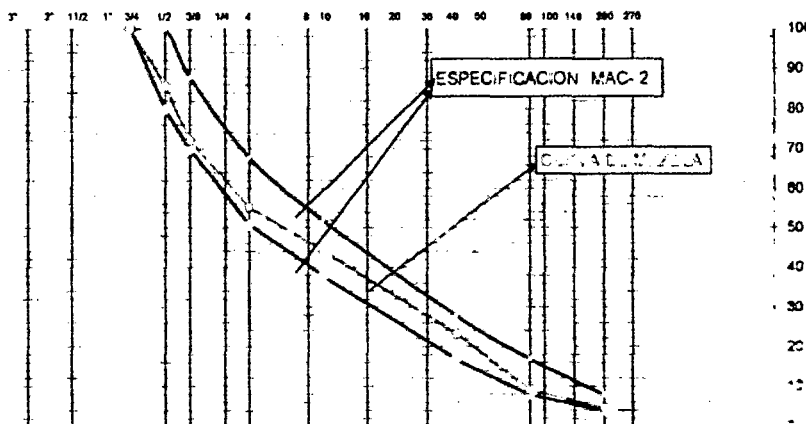
DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

GRANULOMETRIA	MAC - 2	PEN	60/70
AGREGADO GRUESO > # 4	44.45%	FECHA	20/09/2012
AGREGADO FINO < # 4	55.55%		

TAMIZ	3/4	1/2	3/8	# 4	# 10	# 40	# 80	# 200
PIEDRA CHANCADA PTO LOPEZ	100.0%	58.2%	18.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
ARENA TRITURADA PTO LOPEZ	100.0%	100.0%	100.0%	79.4%	55.2%	32.3%	13.7%	7.1%
ARENA ZARANDEADA CUMBAZA	100.0%	100.0%	100.0%	92.0%	87.0%	40.8%	14.6%	7.3%

AGREGADOS	TOLVA	DOSIFICACION	3/4	1/2	3/8	# 4	# 10	# 40	# 80	# 200
PIEDRA CHANCADA	N° 01	34.00%	34.0%	19.8%	6.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
ARENA TRITURADA	N° 02	41.00%	41.0%	41.0%	41.0%	32.6%	22.6%	13.2%	5.6%	2.9%
ARENA	N° 03	25.00%	25.0%	25.0%	25.0%	23.0%	21.8%	10.2%	3.7%	1.8%
CURVA GRANULOMETRICA		100.00%	100.0%	85.8%	72.2%	55.6%	44.4%	23.4%	9.3%	4.7%

ESPECIFICACION	100	80-100	70-88	51-88	38-52	17-28	8-17	4-10
----------------	-----	--------	-------	-------	-------	-------	------	------



Whillen Trigozo
Whillen Trigozo Hidalgo
Tec. Laboratorio de Suelos y Tecnología del Concreto

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS ANALISIS DE SUELOS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE

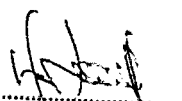


PROYECTO COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO
UBICACIÓN DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO
SOLICITANTE Bach. Ing. RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA
MUESTRA GRAVA CHANCADA RIO HUALLAGA
 ARENA RIO CUMBAZA

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA PARA SUPERFICIE

1	Numero de Probeta	1	2	3	4	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla		5.50			
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla		42.01			
4	% de Arena de Trituración en Peso de la Mezcla		52.48			
5	% de Filler en Peso de Mezcla					
6	PE Aparente de Cemento Asfáltico		1.022			
7	PE Bulk de la Grava Triturada		2.662			
8	PE Aparente de la Grava Triturada		2.719			
9	PE Bulk de la Arena		2.027			
10	PE Aparente de la Arena		2.090			
11	PE Aparente del Filler					
12	Altura Promedio de la Probeta	0.24	0.23	0.24		
13	Peso de la Probeta en el Aire	1183.2	1185.5	1178.7		
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	1188.3	1191.4	1193.4		
15	Peso de la Probeta en el Agua	657.4	653.1	655.9		
16	Volumen de la Probeta (14-15)	530.9	531.3	527.5		
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta (13/16)	2.230	2.231	2.235		
18	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041		2.496			
19	Maxima Densidad Teorica (gr/cc) $100/((2/8)+(4/10)+(5/11))$		2.448			
20	% de Vacios $100(18-17)/18$	10.7	10.6	10.6		
21	PE Bulk del Agregado Total $(3+4+5)/((3/7)+(4/8)+(5/11))$		2.642			
22	PE Aparente Agregado Total $(3+4+5)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$		2.703			
23	PE Efectivo Agregado Total $(100-2)/((100/18)-(2/8))$		2.733			
24	C.A. Abs. por el Peso del Agregado Seco $(23-21)/(23*21)*8*100$		1.26			
25	% de Volumen de agregado / Vol bruto de Probeta $((3+4+5)*17)/21$	79.76	79.80	79.94		
26	% Vol. de C.A. Efec. / Vol de Prob. $100-(25+20)$	9.54	9.60	9.56		
27	Vacios del Agregado Mineral $(100-25)$	20.24	20.2	20.06		
28	C.A. Efec./Peso de la Mezcla $2-(24/100)*(3+4+5)$		4.31			
29	% de Vacios llenados $(27-20)/27*100$ VFA	47.13	47.52	47.66		
30	Estabilidad sin Corregir	662	672	682		
31	Factor de Estabilidad	0.06	0.03	0.06		
32	Estabilidad Corregida $(30*31)$	636	625	655		
33	Fluencia	7.87	7.87	7.87		
34	Relacion Estabilidad / Fluencia $(32/33)*10$	3180	3125	3275		
35	Estabilidad Retenida (24 Horas)					
36	% E.R a 60 ° c					

OBSERVACIONES


 Whilten Trigozo Hidalgo
 Tec. Laboratorio de Suelos
 y Tecnología

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS ANÁLISIS DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



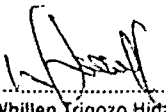
PROYECTO COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO. EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO
UBICACIÓN DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO
SOLICITANTE Bach. Ing RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA
MUESTRA GRAVA CHANCADA RIO HUALLAGA
ARENA RIO CUMBAZA

MUESTRA	Mezcla asfáltica para cape de superficie
FECHA	20/09/2012

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA PARA SUPERFICIE

1	Numero de Probeta	1	2	3	4	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla		4.76			
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla		41.78			
4	% de Arena de Trituración en Peso de la Mezcla		52.22			
5	% de Filler en Peso de Mezcla					
6	PE Aparente de Cemento Asfáltico		1.522			
7	PE Bulk de la Grava Triturada		2.642			
8	PE Aparente de la Grava Triturada		2.745			
9	PE Bulk de la Arena		2.577			
10	PE Aparente de la Arena		2.695			
11	PE Aparente del Filler					
12	Altura Promedio de la Probeta	2.38	4.1	2.78		
13	Peso de la Probeta en el Aire	1127.7	1153.5	1159.5		
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	1152.1	1194.4	1159.8		
15	Peso de la Probeta en el Agua	669.5	625.5	655.2		
16	Volumen de la Probeta (14-15)	522.3	518.4	521.8		
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta (13/16)	2.274	2.279	2.280		
18	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041		2.467			
19	Maxima Densidad Teorica (gr/cc) $100/((2/5)+(4/10)+(5/11))$		2.430			
20	% de Vacios $100(18-17)/18$	7.8	7.6	7.6		
21	PE Bulk del Agregado Total $(3+4+5)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$		2.642			
22	PE Aparente Agregado Total $(3+4+5)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$		2.703			
23	PE Efectivo Agregado Total $(100-2)/((100/18)-(2/5))$		2.721			
24	C.A. Abs. por el Peso del Agregado Seco $(23-21)/(23-21)*100$		1.10			
25	% de Volumen de agregado / Vol bruto de Probeta $((3+4+5)/17)/21$	80.91	81.08	81.12		
26	% Vol. de C.A. Efec. / Vol. de Prob. $100-(25+20)$	11.28	11.32	11.28		
27	Vacios del Agregado Mineral $(100-25)$	19.09	18.92	18.88		
28	C.A. Efec./Peso de la Mezcla $2-(24/100)*(3+4+5)$		4.97			
29	% de Vacios llenados $(27-20)/27*100$ VFA	59.14	59.83	59.75		
30	Estabilidad en Corregir	815	817	819		
31	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
32	Estabilidad Corregida (30*31)	810	810	819		
33	Fluencia	8.5	5.8	6.8		
34	Relacion Estabilidad / Fluencia $(32/33)*10$	3600	3240	3276		
35	Estabilidad Retenida (24 Horas)					
36	% E.R a 80 °c					

OBSERVACIONES


 Whilten Trigozo Hidalgo
 Tec. Laboratorio de Suelos
 y Tecnología del Concreto

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS ANÁLISIS DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



PROYECTO COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO
UBICACIÓN DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO
SOLICITANTE Bach Ing. RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA
MUESTRA GRAVA CHANCADA RIO HUALLAGA
ARENA RIO CUMBAZA

MUESTRA	Mezcla asfáltica para capa de superficie
FECHA	20/09/2012

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA PARA SUPERFICIE

1	Numero de Probeta	1	2	3	4	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla					
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla		41.56			
4	% de Arena de Trituración en Peso de la Mezcla		51.94			
5	% de Filler en Peso de Mezcla					
6	PE Aparente de Cemento Asfáltico					
7	PE Bulk de la Grava Triturada					
8	PE Aparente de la Grava Triturada					
9	PE Bulk de la Arena					
10	PE Aparente de la Arena					
11	PE Aparente del Filler					
12	Altura Promedio de la Probeta					
13	Peso de la Probeta en el Aire					
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)					
15	Peso de la Probeta en el Agua					
16	Volumen de la Probeta (14-15)	516.4	512.9	512.9		
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta (13/16)	2.304	2.307	2.306		
18	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041		2.415			
19	Maxima Densidad Teorica (gr/cc) $100 / ((2.65) - ((4/10) * (5/11)))$		2.411			
20	% de Vacios $100 * ((16-17)/18)$	4.6	4.5	4.5		
21	PE Bulk del Agregado Total $(3+4+5) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$		2.642			
22	PE Aparente Agregado Total $(3+4+5) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$		2.703			
23	PE Efectivo Agregado Total $(100-2) / ((100/18) - (2/8))$		2.677			
24	C.A. Abs. por el Peso del Agregado Seco $(23-21) / ((23*21)*6*100)$		0.50			
25	% de Volumen de agregado / Vol bruto de Probeta $((3+4+5)*17)/21$	81.54	81.64	81.61		
26	% Vol de C.A. Efec. / Vol de Prob $100 * (25-20)$	13.86	13.86	13.86		
27	Vacios del Agregado Mineral (100-25)	18.46	18.36	18.39		
28	C.A. Efec. / Peso de la Mezcla $2 * (24/100) * (3+4+5)$		6.03			
29	% de Vacios llenados $(27-20)/27 * 100$ VFA	75.00	75.49	75.53		
30	Estabilidad sin Corregir					
31	Factor de Estabilidad					
32	Estabilidad Corregida (30*31)	870	888	870		
33	Fluencia					
34	Relacion Estabilidad / Fluencia (32/33)*10	2900	2990	2900		
35	Estabilidad Retenida (24 Horas)					
36	% E.R. a 60 °c					

OBSERVACIONES

Whillen Trigozo
Whillen Trigozo Hidalgo
Tec. Laboratorio de Suelos
y tecnología del

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS ANALISIS DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



PROYECTO: COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO

UBICACION: DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO

SOLICITANTE: Bach Ing. RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA

MUESTRA: GRAVA CHANCADA RIO HUALLAGA
ARENA RIO CUMBAZA

UBICACION	Mezcla asfáltica para capa de superficie
MUESTRA	2009/2012
FECHA	

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA PARA SUPERFICIE

1	Numero de Probeta	1	2	3	4	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla					
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla		41.34			
4	% de Arena de Trituración en Peso de la Mezcla		51.66			
5	% de Filler en Peso de Mezcla					
6	PE Aparente de Cemento Asfáltico					
7	PE Bulk de la Grava Triturada					
8	PE Aparente de la Grava Triturada					
9	PE Bulk de la Arena					
10	PE Aparente de la Arena					
11	PE Aparente del Filler					
12	Altura Promedio de la Probeta					
13	Peso de la Probeta en el Aire					
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)					
15	Peso de la Probeta en el Agua					
16	Volumen de la Probeta (14-15)	515.0	513.6	509.3		
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta (13/16)	2.305	2.306	2.313		
18	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041		2.381			
19	Maxima Densidad Teorica (gr/cc) $100 / [(26) + (4/10) * (5/11)]$		2.393			
20	% de Vacios $100 * [(18-17) / 18]$	3.2	3.1	2.9		
21	PE Bulk del Agregado Total $(3+4+5) * [(3.7) + (4/9) + (5/11)]$		2.642			
22	PE Aparente Agregado Total $(3+4+5) * [(3/6) + (4/10) + (5/11)]$		2.703			
23	PE Efectivo Agregado Total $(100-20) * [(100/18) - (2/6)]$		2.656			
24	C.A. Abs. por el Peso del Agregado Seco $(23-21) * [(23/21) * 100]$		0.20			
25	% de Volumen agregado / Vol bruto Probeta $[(3+4+5) * 17] / 21$	81.14	81.17	81.42		
26	% Vol de C.A. Elec / Vol de Prob $100 - (25-20)$	15.96	15.73	15.68		
27	Vacios del Agregado Mineral $(100-25)$	18.86	18.83	18.58		
28	C.A. Elec / Peso de la Mezcla $2 - (24/100) * (3+4+5)$		6.81			
29	% de Vacios llenados $(27-20) / 27 * 100$ VFA	83.03	83.54	84.39		
30	Estabilidad sin Corregir					
31	Factor de Estabilidad					
32	Estabilidad Corregida $(30/31)$	852	870	819		
33	Fluencia					
34	Relacion Estabilidad / Fluencia $(32/33) * 10$	2434	2677	2520		
35	Estabilidad Retenida (24 Horas)					
36	% E.R a 60 c					

OBSERVACIONES


 Whillen Trigozo Hidalgo
 Tec. Laboratorio de Suelos
 y Tecnología de

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L. ESTUDIOS ANÁLISIS DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL CONCRETO DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



PROYECTO COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO

UBICACIÓN DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO

SOLICITANTE Bach. Ing. RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA


MUESTRA GRAVA CHANCADA RIO HUALLAGA
ARENA RIO CUMBAZA

MUESTRA	Mezcla estalbeca para cape de superficie
FECHA	20/09/2012

DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA PARA SUPERFICIE

	1	2	3	4	Promedio
1	Numero de Probeta				
2	C.A. en Peso de la Mezcla				
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla		41.12		
4	% de Arena de Trituracion en Peso de la Mezcla		51.38		
5	% de Filler en Peso de Mezcla				
6	PE Aparente de Cemento Asfaltico				
7	PE Bulk de la Grava Triturada				
8	PE Aparente de la Grava Triturada				
9	PE Bulk de la Arena				
10	PE Aparente de la Arena				
11	PE Aparente del Filler				
12	Altura Promedio de la Probeta				
13	Peso de la Probeta en el Aire				
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)				
15	Peso de la Probeta en el Agua				
16	Volumen de la Probeta (14-15)	513.3	510.4	511.4	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta (13/15)	2.302	2.306	2.301	
18	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041		2.336		
19	Maxima Densidad Teorica (gr/cc) $100[(2/6)+(4/10)+(5/11)]$		2.376		
20	% de Vacios $100(18-17)/18$	15	13	15	14
21	PE Bulk del Agregado Total $(3+4+5)/(3/7)+(4/8)+(5/11)$		2.642		
22	PE Aparente Agregado Total $(3+4+5)/[(3/8)-(4/10)+(5/11)]$		2.703		
23	PE Efectivo Agregado Total $(100-2)/[(100/18)-(2/6)]$		2.619		
24	C.A. Abs. por el Peso del Agregado Seco $(23-21)/(23-21)*B*100$		-0.33		
25	% de Volumen de agregado / Vol bruto de Probeta $[(3+4+5)/17]/21$	80.60	80.74	80.56	
26	% Vol de C.A. Elec. / Vol de Prob $100-(25+20)$	17.90	17.96	17.94	
27	Vacios del Agregado Mineral $(100-25)$	19.40	19.26	19.44	
28	C.A. Elec. /Peso de la Mezcla $2-(24/100)*(3+4+5)$		7.81		
29	% de Vacios Rellenos $(27-20)/27*100$ VFA	92.27	93.25	92.28	
30	Estabilidad sin Corregr				
31	Factor de Estabilidad				
32	Estabilidad Corregrida (30*31)	622	649	636	
33	Fluencia	19	17	15	
34	Relacion Estabilidad / Fluencia (32/33)*10	1464	1442	1580	
35	Estabilidad Retenida (24 Horas)				
36	% E.R a 60 °c				

OBSERVACIONES


 Whilten Trigozo Hidalgo
 Tec. Laboratorio de Suelos
 y Tecnología del Pavimento

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS ANÁLISIS DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



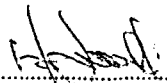
PROYECTO COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO
UBICACIÓN DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO
SOLICITANTE Bach. Ing. RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA
MUESTRA GRAVA CHANCADA RIO HUALLAGA
 ARENA RIO CUMBAZA

DESIGNACIÓN	
MUESTRA	Mezcla asfáltica para capa de superficie
FECHA	20/09/2012

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA SUPERFICIE VERIFICACION PLANTA DE ASFALTO

N°	Descripción	1	2	3	4	5	Promedio
1	Número de Probetas						
2	C.A. en Peso de la Mezcla						
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla		40.25				
4	% de Arena de Trituración en Peso de la Mezcla		53.13				
5	% de Filler en Peso de Mezcla						
6	PE Aparente de Cemento Asfáltico						
7	PE Bulk de la Grava Triturada						
8	PE Aparente de la Grava Triturada						
9	PE Bulk de la Arena						
10	PE Aparente de la Arena						
11	PE Aparente del Filler						
12	Altura Promedio de la Probeta						
13	Peso de la Probeta en el Aire	118.0					
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)						
15	Peso de la Probeta en el Agua						
16	Volumen de la Probeta (14-15)	512.9	513.4	510.5			
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta (13/16)	2.312	2.318	2.318			
18	Peso Especifico Maximo ASTM D - 2041						
19	Maximo Densidad Teorica (gr/cc) $100[(2/8)+(4/10)+(5/11)]$		2.437				
20	% de Vacios $100(18-17)/16$	4.7	4.5	4.4			
21	PE Bulk del Agregado Total $(3+4+5)/(3/8)+(4/9)+(5/11)$		2.642				
22	PE Aparente Agregado Total $(3+4+5)/(3/8)+(4/10)+(5/11)$		2.702				
23	PE Efectivo Agregado Total $(100-2)/(100/16)-(2/6))$		2.699				
24	C.A. Abs. por el Peso del Agregado Seco $(23-21)/(23*21)*6*100$		0.80				
25	% de Volumen de agregado / Vol bruto de Probeta $((3+4+5)*17)/21$	81.72	81.93	81.96			
26	% Vol de C.A. Efec. / Vol de Prob $100-(25+20)$	13.58	13.57	13.64			
27	Vacios del Agregado Mineral (100-25)	18.26	18.07	18.04			
28	C.A. Efec. / Peso de la Mezcla $2-(24/100)*(3+4+5)$		5.87				
29	% de Vacios llenados $(27-20)/27*100$ VFA	74.29	75.10	75.61			
30	Estabilidad sin Corregir						
31	Factor de Estabilidad						
32	Estabilidad Corregida (30*31)	957	980	971			
33	Fluencia						
34	Relacion Estabilidad / Fluencia (32/33)*10	2945	2800	2774			
35	Estabilidad Retenida (24 Horas)	801	810	815			
36	% E R a 60 °c	83.7	82.7	83.9			

OBSERVACIONES


 Whillen Trigozo Hidalgo
 Tec. Laboratorios de Suelos
 y Tecnología del Pavimento

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS ANÁLISIS DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL CONCRETO

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



PROYECTO COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO

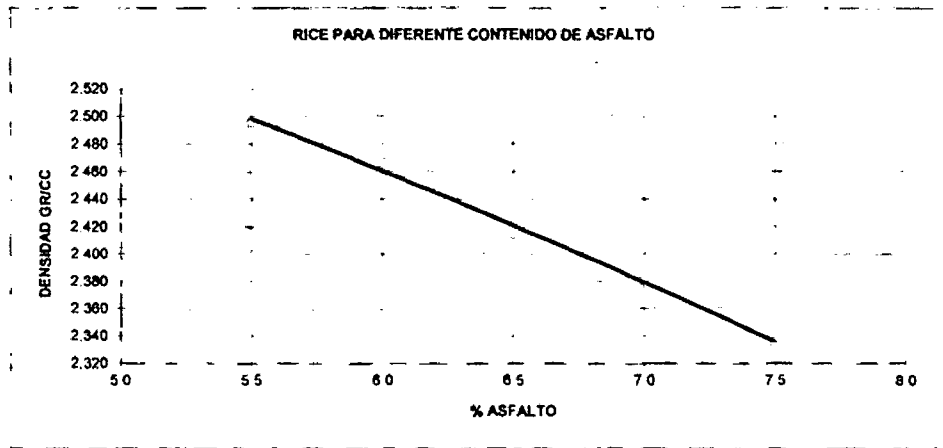
UBICACIÓN DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO

SOLICITANTE Bach. Ing. RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA

MUESTRA GRAVA CHANCADA RIO HUALLAGA
ARENA RIO CUMBAZA

ENSAYO MTC E 508 - 2000

1	Muestra N°	1	2	3	4	5			A
2	Progresiva								
3		DISEÑO TEÓRICO DE LABORATORIO						Optimo	
4	% de C.A	5.00	6.00	6.40	7.00	7.70			6.00
5	Peso del Matraz + Agua	7778	7778	7778	7778	7778			7778
6	Peso de la Mezcla	1500	1500	1500	1500	1500			1500
7	Peso del Matraz + agua + mezcla	8277	8277	8277	8277	8277			8277
8	Diferencia (7-6)	7177	7170	7157	7148	7136			7180
9	Diferencia (5-6)	601	608	621	630	642			618
10	Densidad Teórica (6/9)	2.496	2.467	2.415	2.381	2.336			2.427



Whillen Trigozo Hidalgo
 Whillen Trigozo Hidalgo
 Tec. Laboratorios de Suelos
 y Tecnología del Concreto

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS ANÁLISIS DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



PROYECTO COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO
 UBICACIÓN DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO
 SOLICITANTE Bach Ing RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA
 MUESTRA GRAVA CHANCADA RIO HUALLAGA
 ARENA RIO CUMBAZA

ENSAYO REPETIDO

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

CANTERA	HUALLAGA	PIEDRA < 3/4	34%
MATERIAL	AGREGADOS PARA ASFALTO	ARENA CH. < 3/8	41%
		ARENA CUMB. < 3/8	25%

AGREGADO GRUESO NORMA MTC E 205 - 2000

IDENTIFICACION		1	2	3		
A	Peso Mat. Sal. Sup. Seca (en Aire)					
B	Peso Mat. Sal. Sup. Seca (en Agua)					
C	Vol. De Masas / Vol. De Vacios = A - B	745.5	744.6	746.4		
D	Peso Mat. Seco en estufa (105° c)					
E	Vol. De Masa = C - (A - D)	728.7	728.6	731.8		
	Pe Bulk (Base seca) = DIC	2.660	2.665	2.660	2.662	
	Pe Bulk (Base saturada) = A/C	2.683	2.686	2.680	2.683	2.691
	Pe Aparente (Base seca) = D/E	2.722	2.723	2.713	2.719	
	% de Absorcion = ((A - D)/D) x 100	0.90	0.90	0.70	0.77	

AGREGADO FINO NORMA MTC E 206 - 2000

IDENTIFICACION ARENA PROCESADA		1	2			
A	Peso Mat. Sal. Sup. Seca (en Aire)					
B	Peso Frasco + H2O					
C	Peso Frasco + H2O + (A) (A - B)	953.0	1744.0			
D	Peso del Mat. + H2O en el frasco					
E	Vol. De Masa + Vol. De Vacio = C - D	113.0	189.0			
F	Peso Mat. Seco en estufa (105° c)					
G	Vol. De Masa = E - (A - F)	110.4	184.6			
	Pe Bulk (Base seca) = F/E	2.632	2.622		2.627	
	Pe Bulk (Base saturada) = A/E	2.655	2.646		2.651	2.658
	Pe Aparente (Base seca) = F/G	2.684	2.685		2.690	
	% de Absorcion = ((A - F)/F) x 100	0.90	0.90		0.90	

Observaciones

PIEDRA > # 4
 ARENA < # 4
 MATERIAL DE FAJA


 Whillen Trigozo Hidalgo
 Tec. Laboratorio de Suelos
 y Tecnología del Concreto

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS ANALISIS DE SUELOS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



PROYECTO COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO
UBICACIÓN DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO
SOLICITANTE Bach. Ing. RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA
MUESTRA GRAVA CHANCADA RIO HUALLAGA
 ARENA RIO CUMBAZA

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

PIEDRA < 3/4 34%
 ARENA CH < 3/8 41%
 ARENA CUMB. < 3/8 25%

AGREGADO GRUESO NORMA MTC E 205 - 2000

IDENTIFICACION		1	2	3		
A	Peso Mat. Sól. Sup. Seca (en Aire)	1200.0	1200.0	1200.0		
B	Peso Mat. Sól. Sup. Seca (en Agua)	1254.8	1255.4	1255.0		
C	Vol. De Masas / Vol. De Vacíos = A - B	745.5	744.8	745.4		
D	Peso Mat. Seco en estufa (105°C)	1233.2	1234.1	1235.4		
E	Vol. De Masa = C - (A - D)	728.7	728.6	731.8		
	Pe Bulk (Base seca) = D/C	2.680	2.685	2.680		2.682
	Pe Bulk (Base saturada) = A/C	2.663	2.686	2.680		2.663
	Pe Aparente (Base seca) = D/E	2.722	2.723	2.713		2.719
	% de Absorción = ((A - D)/D) x 100	0.60	0.60	0.70		0.77

AGREGADO FINO NORMA MTC E 206 - 2000

IDENTIFICACION ARENA PROCESADA + BMA		1	2			
A	Peso Mat. Sól. Sup. Seca (en Aire)	877.0	877.0			
B	Peso Frasco + H2O	653.0	1244.0			
C	Peso Frasco + H2O + (A) (A + B)	953.0	1744.0			
D	Peso del Mat. + H2O en el frasco	340.0	1111.0			
E	Vol. De Masa + Vol. De Vacío = C - D	113	189			
F	Peso Mat. Seco en estufa (105°C)	257.4	257.4			
G	Vol. De Masa = E - (A - F)	110.4	184.8			
	Pe Bulk (Base seca) = F/E	2.632	2.622		2.627	
	Pe Bulk (Base saturada) = A/E	2.655	2.646		2.651	2.658
	Pe Aparente (Base seca) = F/G	2.694	2.665		2.690	
	% de Absorción = ((A - F)/F) x 100	0.90	0.90		0.90	

Observaciones

MATERIAL DE FAJA PIEDRA > # 4
 ARENA < # 4

[Handwritten Signature]
 Whilen Trigozo Hidalgo
 Tec. Laboratorio de Suelos
 y Tecnología del Pavimento

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

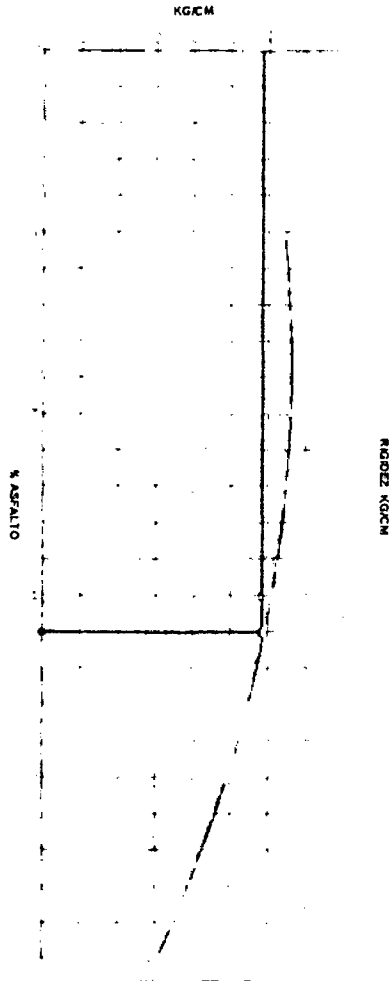
ESTUDIOS ANALISIS DE SUELOS Y TECNOLOGIA DEL CONCRETO

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



PROYECTO
COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO
FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUNIMBUQUI-ESTERO
UBICACION
DISTRITO DE CUNIMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO
SOLICITANTE
Bach Ing. RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA
MUESTRA
GRAVA CHANCADA RIO HUALLAGA
ARENA RIO CUMBAZA

DISEÑO Marshall MTC E 504
RELACION EST./ FLUJO (2)



Whillen Trigozo Hidalgo
Téc. Laboratorio de Suelos
P. 100116 26 2 2011

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

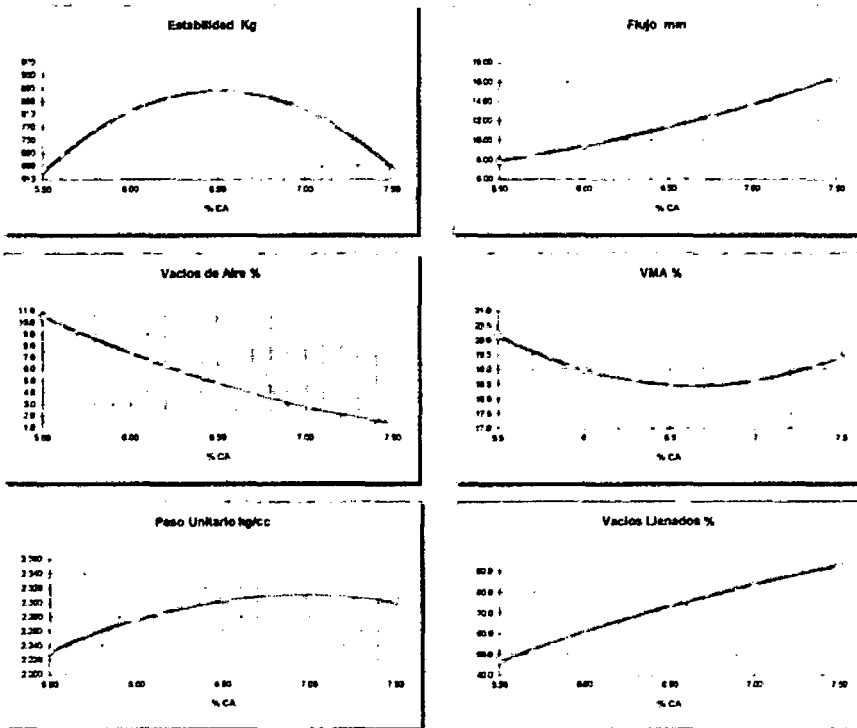
LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS Y ANÁLISIS DE SUELOS Y TÉCNICAS DE CONCRETO
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



PROYECTO COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO
UBICACION DISTRITO DE CUNUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO
SOLICITANTE Bach. Ing. RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA
MUESTRA GRAVA CHANCADA RIO HUALLAGA
 ARENA RIO CUMBAZA

DISEÑO MARSHALL MTC E.504			
GRAN LOMITRIA	MAC - 2	PEN	6070
AGREGADO GRUESO > #4	44.46%		
AGREGADO FINO < #4	66.66%		



RESULTADOS DE LABORATORIO	
ESTABILIDAD (kg)	876.00
FLUJO (mm)	11.81
VACIOS (%)	4.5
TEMPERATURA	140°C
VMA (%)	18.40
V LLENADOS C.A. (%)	75.0
INDICE DE RIGIDEZ (kg/cm)	2920
OPTIMO CONTENIDO C.A. (%)	6.50

Whilen Trigozo Hidalgo
 Whilen Trigozo Hidalgo
 Tec. Laboratorio de Suelos
 y técnicas de Pavimento

3.4 DISEÑO DE MEZCLA F'C=210 KG/CM2

L.G. E.I.R.L. LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS ANÁLISIS DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL CONCRETO

Seriedad y Garantía

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE
RESULTADOS DE DISEÑOS DE MEZCLA
(ASTM C - 39)



A solicitud del bachiller Ingeniero civil, Ricardo Martin Layza Mendiola, se realizó 01 diseño de mezcla dosificación del concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, con grava chancada de la cantera Río Huallaga y Arena gruesa de la Cantera Río Cumbaza, el mismo que tiene como objetivo el de obtener la dosificación adecuada del concreto y alcanzar a la resistencia especificada, para la tesis "COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO".

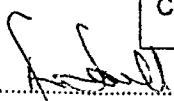
↓ DEL MATERIAL

Para realizar los diseños de mezcla, se utilizó piedra chancada de la Cantera Río Huallaga, con tamaño máximo de $\frac{3}{4}$ ", y arena gruesa de la cantera Río Cumbaza, materiales proporcionados por el responsable del proyecto.

↓ CONCLUSIONES

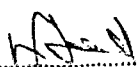
Se realizó 01 diseño de mezcla, $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, utilizando piedra chancada de la cantera Río Huallaga y arena gruesa de la Cantera Río Cumbaza, obteniendo la siguiente dosificación:

F'c	210 Kg/cm ²
PIEDRA	2.80 P ³
ARENA	2.30 P ³
AGUA	7.10 glns
CEMENTO	1.00 Bolsa


Whillen Trigozo Hidalgo
Tec. Laboratorio de Suelos
y Tecnología del Concreto



- Respetar la relación de agua cemento de diseño, y también la dosificación de los mismos.
- Realizar muestreos por cada elemento estructural, para que sean sometidos a ensayos de compresión.
- Compactar adecuadamente la estructura concretada.
- El tamaño máximo del agregado es de 1" de diámetro, el agregado no deberá pasar más del 3% de finos, en caso de pasar estos valores deberá ser lavado con la finalidad de eliminar el exceso de finos.
- Se deberá eliminar cualquier sustancia que perjudique el concreto, raíces, bolsas, o trozos de madera.
- Para la elaboración de testigos de muestras estas deberán realizarse por personal capacitado, adiestrado con la finalidad de obtener muestras homogéneas y que garanticen la calidad del concreto, los testigos se elaboraran de la siguiente manera, en un molde cilíndrico de 6" por 12" llenados en tres capas iguales, chuceadas con 25 golpes cada capa, luego vibradas adecuadamente.


Whillen Trigozo Hidalgo
Tec. Laboratorio de Suelos
y tecnología del concreto



DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO F'c = 210 KG/CM2

PROYECTO COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO, EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO
UBICACIÓN DISTRITO DE CUÑUMBUQUI - LOCALIDAD DE ESTERO
SOLICITANTE Bach. Ing RICARDO MARTIN LAYZA MENDIOLA
MUESTRA GRAVA CHANCADA RIO HUALLAGA
 ARENA RIO CUMBAZA
FECHA 20/09/2012

CEMENTO PORTLAND ASTM TIPO I

ARENA GRUESA

PESO SECO COMPACTADO	1629 Kgs/m3
PESO SECO SIN COMPACTAR	1485 Kgs/m3
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.62 Grs/m3
PORCENTAJE DE ABSORCION	1.29 %
CONTENIDO DE HUMEDAD	5.30 %
MODULO DE FINEZA	2.38 %

GRAVA CHANCADA RIO HUALLAGA

PESO SECO COMPACTADO	1585 Kgs/m3
PESO SECO SIN COMPACTAR	1442 Kgs/m3
PESO ESPECIFICO DE MASA	2.69 Grs/m3
PORCENTAJE DE ABSORCION	0.83 %
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.95 %
TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO	3/4" d
ASENTAMIENTO SLUMP	3" - 4"

FACTOR CEMENTO 6.7 Bolsas/m3 369.0 Kgs/m3

RELACION AGUA CEMENTO

AGUA 0.54 X 369.0 200.5 Lts/m3

VOLUMENES ABSOLUTOS

CEMENTO	369.0	3.15	1000	0.117 M3
AGUA	200.5	1000		0.201 M3
				<u>0.318 M3</u>

VOLUMEN DE AGREGADOS 1 - 0.318 0.682 M3

GRAVA CHANCADA RIO HUALLAGA (54%)	0.368 M3
ARENA GRUESA RIO HUALLAGA (46%)	0.314 M3
CEMENTO	0.117 M3
AGUA	0.201 M3
TOTAL	<u>1.000 M3</u>

PESO DE MATERIALES POR METRO CUBICO DE CONCRETO

CEMENTO				369.0 Kgs/m3
AGUA				200.5 Lts/m3
ARENA GRUESA RIO HUALLAGA	0.314 X	2.62 X	1000	822.4 Kgs/m3
GRAVA CHANCADA RIO HUALLAGA	0.368 X	2.69 X	1000	991.2 Kgs/m3


 Whillen Trigozo Hidalgo
 Tec. Laboratorio de Suelos
 y Tecnología del Concreto

L.G. E.I.R.L.

Seriedad y Garantía

LABORATORIOS GENERALES E.I.R.L.

ESTUDIOS ANÁLISIS DE SUELOS Y TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE



CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO

FRACCION FINO HUMEDO	822.38	X	1.0530		866.0 Kgs/m3
FRACCION GRUESO HUMEDO	991.20	X	1.0095		1000.6 Kgs/m3
HUMEDAD SUPERFICIAL DEL FINO	5.30	-	1.29		4.0 %
HUMEDAD SUPERFICIAL DEL GRUESO	0.95	-	0.83		0.1 %
CONTRIBUCION DEL FINO	822.38	X	0.04		33.0 Lts/m3
CONTRIBUCION DEL GRUESO	991.20	X	0.001		1.2 Lts/m3
CONTRIBUCION TOTAL	32.98	+	1.19		34.2 Lts/m3
CANTIDAD REAL DEL AGUA	200.50	+	34.17		234.7 Lts/m3

CANTIDAD DE MATERIALES POR METRO CUBICO DE CONCRETO CORREGIDO

CEMENTO					369.0 Kgs/m3
AGUA					234.7 Lts/m3
ARENA GRUESA RIO HUALLAGA					866.0 Kgs/m3
GRAVA CHANCADA RIO HUALLAGA					1000.6 Kgs/m3

DOSIFICACION EN PESO

CEMENTO	369.0	:	369.0		1.00
AGUA	234.7	:	369.0		0.64
ARENA GRUESA RIO HUALLAGA	866.0	:	369.0		2.35
GRAVA CHANCADA RIO HUALLAGA	1000.6	:	369.0		2.71

O SEA

1.0	2.3	2.7
-----	-----	-----

PESO DE MATERIALES POR BOLSA DE CEMENTO

CEMENTO	1.00	X	42.5	=	42.5 Kgs/Seco
AGUA	0.64	X	42.5	=	27.0 Lts/Seco
ARENA GRUESA RIO HUALLAGA	2.35	X	42.5	=	99.7 Kgs/Seco
GRAVA CHANCADA RIO HUALLAGA	2.71	X	42.5	=	115.3 Kgs/Seco

PESO UNITARIO HUMEDO DEL AGREGADO

ARENA GRUESA RIO HUALLAGA	1465.0	X	1.0530	=	1542.6 Kgs/m3
GRAVA CHANCADA RIO HUALLAGA	1442.0	X	1.0095	=	1455.7 Kgs/m3

PESO POR PIE CUBICO DE MATERIALES

ARENA GRUESA RIO HUALLAGA	1542.6	:	35.5 Pie3	=	43.45 Kgs/pie3
GRAVA CHANCADA RIO HUALLAGA	1455.7	:	35.5 Pie3	=	41.01 Kgs/pie3

DOSIFICACION EN VOLUMEN

CEMENTO	42.5	:	42.5	=	1.00 Bolsa	
AGUA	42.5	X	234.7	369.0	=	27.0 Lts.
ARENA GRUESA RIO HUALLAGA	99.74	:	43.45		=	2.30 P ³
GRAVA CHANCADA RIO HUALLAGA	115.25	:	41.01		=	2.81 P ³

P3

Cemento	1.0	BOLSA
Agua	7.1	Gls.
Arena	2.3	P ³
Grava	2.8	P ³

POR BALDES

1.0 BOLSAS
1.5 BALDES
3.4 BALDES
4.1 BALDES

Whillen Trigozo Hidalgo
Tec. Laboratorio de Suelos
y tecnología del concreto

ANEXO N° 4: DISEÑOS DE PAVIMENTOS

4.1 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Definición de valores para calculo de espesores del Pavimento Flexible: KM 01+000

a) **W18, es Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes a 18000 lb (80 kN)**

W18: 187620.794

b) **Modulo de Resiliencia (MR)**

Mr (Psi): $2555 \times \text{CBR}^{0.64}$

	SUBRASANTE						SUB-BASE	BASE
	Km 1	Km 2	Km 3	Km 4	Km 5	Promedio	ENSAYO	ENSAYO
CBR al 100% MDS	7.48	13.49	9.9	10.63	13.13	10.926	93.4	109.3
CBR al 95% MDS	5.5	9.4	6.1	6.3	8.9	7.24	62.4	76.6
Mr(Psi) 100%	9261.64056	13508.2333	11081.4774	11597.7086	13276.40002	11803.8713	15592.89%	
Mr(Psi) 95%	7607.16832	10719.9493	8128.34257	8297.9126	10351.43379	9070.34042		

c) **Confiabilidad (%R)**

R: 70%

d) **Coefficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr)**

Zr: -0.524

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

So: 0.40

f) **Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)**

f.1) Serviciabilidad Inicial (Pi)

Pi: 3.80

f.2) Serviciabilidad Final o Terminal (PT)

Pt: 2.00

f.3) Variación de Serviciabilidad (ΔPSI)

ΔPSI: 1.80

g) **Numero Estructural Requerido (SNR)**

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Con los datos obtenidos en campo, tales como el CBR de la subrasante, sub-base y base, se procede a realizar las iteraciones.

g.1) Numero estructural Requerido para subrasante

Primera iteración			
SN:	1		
5.27328097	=	3.33667978	ΔSN1: 193.66%
Segunda iteración			
SN:	2.93660119		
5.27328097	=	5.95887436	ΔSN2: -68.56%
Tercera iteración			
SN:	2.2510078		
5.27328097	=	5.25461388	ΔSN3: 1.87%

<u>Cuarta iteración</u>			
SN: 2.26967489			
5.27328097	=	5.27627299	Δ SN4: -0.30%

<u>Quinta iteración</u>			
SN: 2.26668287			
5.27328097	=	5.27281203	Δ SN5: 0.05%

Después de Iterar Cinco Veces, se obtuvo un SN para subrasante aproximado de:

SN(subrasante): 2.27

g.2) Numero estructural Requerido para sub-base

<u>Primera iteración</u>			
SN: 1.19264274			
5.27328097	=	5.27322584	Δ SN1: 0.01%

<u>Segunda iteración</u>			
SN: 1.19269787			
5.27328097	=	5.27332686	Δ SN2: 0.00%

<u>Tercera iteración</u>			
SN: 1.19265198			
5.27328097	=	5.27324277	Δ SN3: 0.00%

<u>Cuarta iteración</u>			
SN: 1.19269018			
5.27328097	=	5.27331277	Δ SN4: 0.00%

<u>Quinta iteración</u>			
SN: 1.19265838			
5.27328097	=	5.2732545	Δ SN5: 0.00%

Después de Iterar Cinco Veces, se obtuvo un SN para Sub-base aproximado de:

SN(sub-base): 1.19

g.3) Numero estructural Requerido para base

<u>Primera iteración</u>			
SN: 1.12172611			
5.27328097	=	5.27321973	Δ SN1: 0.01%

<u>Segunda iteración</u>				
SN: 1.12178735				
5.27328097	=	5.27333591	Δ SN2:	-0.01%

<u>Tercera iteración</u>				
SN: 1.12173242				
5.27328097	=	5.27323169	Δ SN3:	0.00%

<u>Cuarta iteración</u>				
SN: 1.1217817				
5.27328097	=	5.27332517	Δ SN4:	0.00%

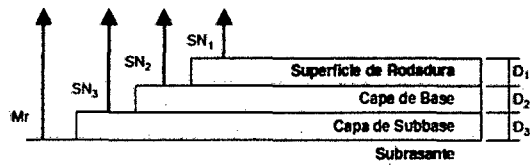
<u>Quinta iteración</u>				
SN: 1.12173749				
5.27328097	=	5.27324132	Δ SN5:	0.00%

Después de Iterar Cinco Veces, se obtuvo un SN para base aproximado de:

SN(base): **1.12**

Diseño de Espesores:

Figura 7-2
Procedimiento para determinar el espesor



Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993

SN Base:	1.12	a1:	0.170		
SN Sub Base:	1.19	a2:	0.052	m2:	1.00
SN Sub rasante:	2.27	a3:	0.047	m3:	1.00

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

$$SN_1 \leq a_1 \cdot d_1 \quad ; \quad 1.12 \leq 0.17 \cdot d_1 \quad \text{--->} \quad d_1 = 6.59 \text{ cm.}$$

$$d_1 = 6.50 \text{ cm.}$$

$$SN_1^* = 1.11$$

$$SN_2 \leq SN_1^* + a_2 \cdot m_2 \cdot d_2 \quad ; \quad d_2 \geq (SN_2 - SN_1^*) / (a_2 \cdot m_2) \quad ; \quad d_2 \geq (1.19 - 1.11) / (0.052 \cdot 1)$$

$$d_2 = 1.54 \text{ cm.}$$

$$d_2 = 2.00 \text{ cm.}$$

$$SN_2^* = 0.10$$

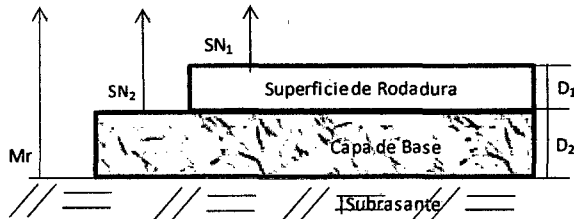
$$SN_3 \leq SN_1^* + SN_2^* + a_3 \cdot m_3 \cdot d_3 \quad ; \quad d_3 \geq (SN_3 - SN_1^* - SN_2^*) / (a_3 \cdot m_3) \quad ; \quad d_3 \geq (2.27 - 0.1 - 1.11) / (0.047 \cdot 1)$$

$$d_3 = 22.55 \text{ cm.}$$

$$d_3 = 23.00 \text{ cm.}$$

Reajustes:

Se observa que el espesor de la base (d2=2.00 cm.) es demasiado reducido, presentando valores irreales al momento de construirlo. Procediendo a elaborar otra fórmula en función de la carpeta asfáltica, base granular y subrasante, tal como se muestra:



$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2$$

SN Base:	1.12	a1:	0.170		
SN Subrasante:	2.27	a2:	0.052	m2:	1.00

$$SN_1 \leq a_1 \cdot d_1 \quad ; \quad 1.12 \leq 0.17 \cdot d_1$$

$$\text{---> } d_1 = 6.59 \text{ cm.}$$

$$d_1 = \boxed{7.00 \text{ cm.}}$$

$$SN_1^* = 1.19$$

$$SN_2 \leq SN_1^* + a_2 \cdot m_2 \cdot d_2 \quad ; \quad d_2 \geq (SN_2 - SN_1^*) / (a_2 \cdot m_2) \quad ;$$

$$d_2 \geq (2.27 - 1.19) / (0.052 \cdot 1)$$

$$d_2 = 20.77 \text{ cm.}$$

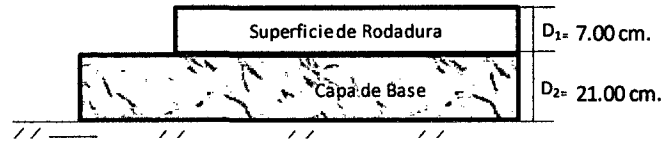
$$d_2 = \boxed{21.00 \text{ cm.}}$$

$$SN_2^* = 1.09$$

Verificando fórmula:

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN \quad ; \quad 1.19 + 1.09 \geq 2.27$$

$$2.28 \geq 2.27 \quad \text{Fórmula correcta}$$



Definición de valores para calculo de espesores del Pavimento Flexible: KM 02+000

a) W18, es Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes a 18000 lb (80 kN)

W18: 187620.794

b) Modulo de Resiliencia (MR)

Mr (Psi): $2555 \times \text{CBR}^{0.64}$

	SUBRASANTE						SUB-BASE	BASE
	Km 1	Km 2	Km 3	Km 4	Km 5	Promedio	ENSAYO	ENSAYO
CBR al 100% MDS	7.48	13.49	9.9	10.63	13.13	10.926	93.4	109.3
CBR al 95% MDS	5.5	9.4	6.1	6.3	8.9	7.24	62.4	76.6
Mr(Psi) 100%	9261.64066	13508.2333	11081.4714	11597.7086	13276.40002	11803.3713	46602.896	
Mr(Psi) 95%	7607.16832	10719.9493	8128.34257	8297.9126	10351.43379	9070.34042		41616.5024

c) Confiabilidad (%R)

R: 70%

d) Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr)

Zr: -0.524

e) Desviación Estándar Combinada (So)

So: 0.40

f) Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

f.1) Serviciabilidad Inicial (Pi)

Pi: 3.80

f.2) Serviciabilidad Final o Terminal (PT)

Pt: 2.00

f.3) Variación de Serviciabilidad (ΔPSI)

ΔPSI: 1.80

g) Numero Estructural Requerido (SNR)

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Con los datos obtenidos en campo, tales como el CBR de la subrasante, sub-base y base, se procede a realizar las iteraciones.

g.1) Numero estructural Requerido para subrasante

<u>Primera iteración</u>			
SN:	1		
5.27328097	=	3.6822895	ΔSN1: 159.10%
<u>Segunda iteración</u>			
SN:	2.59099147		
5.27328097	=	5.97139526	ΔSN2: -69.81%
<u>Tercera iteración</u>			
SN:	1.89287718		
5.27328097	=	5.15190782	ΔSN3: 12.14%

<u>Cuarta iteración</u>			
SN:	2.01425033		
5.27328097	=	5.31115571	Δ SN4: -3.79%

<u>Quinta iteración</u>			
SN:	1.97637559		
5.27328097	=	5.26230718	Δ SN5: 1.10%

Después de Iterar Cinco Veces, se obtuvo un SN para subrasante aproximado de:

SN(subrasante): **1.98**

g.2) Numero estructural Requerido para sub-base

<u>Primera iteración</u>			
SN:	1.19264274		
5.27328097	=	5.27322584	Δ SN1: 0.01%

<u>Segunda iteración</u>			
SN:	1.19269787		
5.27328097	=	5.27332686	Δ SN2: 0.00%

<u>Tercera iteración</u>			
SN:	1.19265198		
5.27328097	=	5.27324277	Δ SN3: 0.00%

<u>Cuarta iteración</u>			
SN:	1.19269018		
5.27328097	=	5.27331277	Δ SN4: 0.00%

<u>Quinta iteración</u>			
SN:	1.19265838		
5.27328097	=	5.2732545	Δ SN5: 0.00%

Después de Iterar Cinco Veces, se obtuvo un SN para Sub-base aproximado de:

SN(sub-base): **1.19**

g.3) Numero estructural Requerido para base

<u>Primera iteración</u>				
SN:	1.12172611			
5.27328097	=	5.27321973	Δ SN1:	0.01%

<u>Segunda iteración</u>				
SN:	1.12178735			
5.27328097	=	5.27333591	Δ SN2:	-0.01%

<u>Tercera iteración</u>				
SN:	1.12173242			
5.27328097	=	5.27323169	Δ SN3:	0.00%

<u>Cuarta iteración</u>				
SN:	1.1217817			
5.27328097	=	5.27332517	Δ SN4:	0.00%

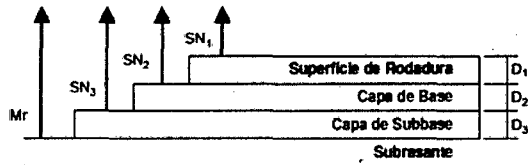
<u>Quinta iteración</u>				
SN:	1.12173749			
5.27328097	=	5.27324132	Δ SN5:	0.00%

Después de Iterar Cinco Veces, se obtuvo un SN para base aproximado de:

SN(base): **1.12**

Diseño de Espesores:

Figura 7-2
Procedimiento para determinar el espesor



Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993

SN Base:	1.12	a1:	0.170		
SN Sub Base:	1.19	a2:	0.052	m2:	1.00
SN Sub rasante:	1.98	a3:	0.047	m3:	1.00

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

$$SN_1 \leq a_1 \cdot d_1 \quad ; \quad 1.12 \leq 0.17 \cdot d_1 \quad \rightarrow \quad d_1 = 6.59 \text{ cm.}$$

$$d_1 = 6.50 \text{ cm.}$$

$$SN_1^* = 1.11$$

$$SN_2 \leq SN_1^* + a_2 \cdot m_2 \cdot d_2 \quad ; \quad d_2 \geq (SN_2 - SN_1^*) / (a_2 \cdot m_2) \quad ; \quad d_2 \geq (1.19 - 1.11) / (0.052 \cdot 1)$$

$$d_2 = 1.54 \text{ cm.}$$

$$d_2 = 2.00 \text{ cm.}$$

$$SN_2^* = 0.10$$

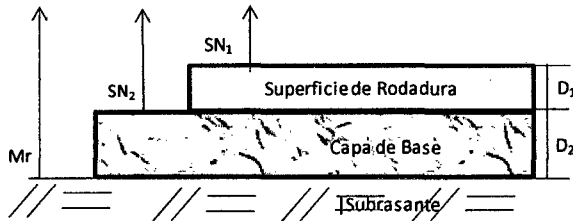
$$SN_3 \leq SN_2^* + a_3 \cdot m_3 \cdot d_3 \quad ; \quad d_3 \geq (SN_3 - SN_2^*) / (a_3 \cdot m_3) \quad ; \quad d_3 \geq (1.98 - 0.1 - 1.11) / (0.047 \cdot 1)$$

$$d_3 = 16.38 \text{ cm.}$$

$$d_3 = 17.00 \text{ cm.}$$

Reajustes:

Se observa que el espesor de la base (d2=2.00 cm.) es demasiado reducido, presentando valores irreales al momento de construirlo. Procediendo a elaborar otra fórmula en función de la carpeta asfáltica, base granular y subrasante, tal como se muestra:



$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2$$

SN Base:	1.12	a1:	0.170		
SN Subrasante:	1.98	a2:	0.052	m2:	1.00

$$SN_1 \leq a_1 \cdot d_1 \quad ; \quad 1.12 \leq 0.17 \cdot d_1 \quad \text{--->} \quad d_1 = 6.59 \text{ cm.}$$

$$d_1 = \boxed{7.00 \text{ cm.}}$$

$$SN_1^* = 1.19$$

$$SN_2 \leq SN_1^* + a_2 \cdot m_2 \cdot d_2 \quad ; \quad d_2 \geq (SN_2 - SN_1^*) / (a_2 \cdot m_2) \quad ; \quad d_2 \geq (1.98 - 1.19) / (0.052 \cdot 1)$$

$$d_2 = 15.19 \text{ cm.}$$

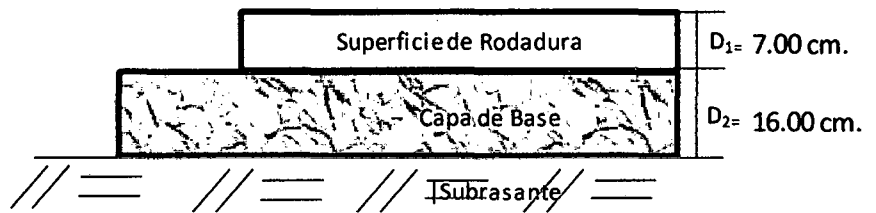
$$d_2 = \boxed{16.00 \text{ cm.}}$$

$$SN_2^* = 0.83$$

Verificando fórmula:

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN \quad ; \quad 1.19 + 0.83 \geq 1.98$$

$$2.02 \geq 1.98 \quad \text{Fórmula correcta}$$



Definición de valores para calculo de espesores del Pavimento Flexible: KM 03+000

a) W18, es Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes a 18000 lb (80 kN)

W18: 187620.794

b) Modulo de Resiliencia (MR)

Mr (Psi): $2555 \times \text{CBR}^{0.64}$

	SUBRASANTE						SUB-BASE	BASE
	Km 1	Km 2	Km 3	Km 4	Km 5	Promedio	ENSAYO	ENSAYO
CBR al 100% MDS	7.48	13.49	9.9	10.63	13.13	10.926	93.4	109.3
CBR al 95% MDS	5.5	9.4	6.1	6.3	8.9	7.24	62.4	76.6
Mr(Psi) 100%	9261.64066	13508.2333	11081.4714	11597.7086	13276.40002	11803.3713	46602.896	
Mr(Psi) 95%	7607.16832	10719.9493	8128.34257	8297.9126	10351.43379	9070.34042		41048.5024

c) Confiabilidad (%R)

R: 70%

d) Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr)

Zr: -0.524

e) Desviación Estándar Combinada (So)

So: 0.40

f) Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

f.1) Serviciabilidad Inicial (Pi)

Pi: 3.80

f.2) Serviciabilidad Final o Terminal (PT)

Pt: 2.00

f.3) Variación de Serviciabilidad (ΔPSI)

ΔPSI: 1.80

g) Numero Estructural Requerido (SNR)

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Con los datos obtenidos en campo, tales como el CBR de la subrasante, sub-base y base, se procede a realizar las iteraciones.

g.1) Numero estructural Requerido para subrasante

Primera iteración				
SN:		1		
5.27328097	=	3.403447	ΔSN1:	186.98%
Segunda iteración				
SN:		2.86983397		
5.27328097	=	5.96431539	ΔSN2:	-69.10%
Tercera iteración				
SN:		2.17879955		
5.27328097	=	5.23608736	ΔSN3:	3.72%

<u>Cuarta iteración</u>				
SN:	2.21599316			
5.27328097	=	5.28032413	Δ SN4:	-0.70%

<u>Quinta iteración</u>				
SN:	2.20895			
5.27328097	=	5.27199703	Δ SN5:	0.13%

Después de Iterar Cinco Veces, se obtuvo un SN para subrasante aproximado de:

SN(subrasante): **2.21**

g.2) Numero estructural Requerido para sub-base

<u>Primera iteración</u>				
SN:	1.19264274			
5.27328097	=	5.27322584	Δ SN1:	0.01%

<u>Segunda iteración</u>				
SN:	1.19269787			
5.27328097	=	5.27332686	Δ SN2:	0.00%

<u>Tercera iteración</u>				
SN:	1.19265198			
5.27328097	=	5.27324277	Δ SN3:	0.00%

<u>Cuarta iteración</u>				
SN:	1.19269018			
5.27328097	=	5.27331277	Δ SN4:	0.00%

<u>Quinta iteración</u>				
SN:	1.19265838			
5.27328097	=	5.2732545	Δ SN5:	0.00%

Después de Iterar Cinco Veces, se obtuvo un SN para Sub-base aproximado de:

SN(sub-base): **1.19**

g.3) Numero estructural Requerido para base

<u>Primera iteración</u>				
SN: 1.12172611				
5.27328097	=	5.27321973	Δ SN1:	0.01%

<u>Segunda iteración</u>				
SN: 1.12178735				
5.27328097	=	5.27333591	Δ SN2:	-0.01%

<u>Tercera iteración</u>				
SN: 1.12173242				
5.27328097	=	5.27323169	Δ SN3:	0.00%

<u>Cuarta iteración</u>				
SN: 1.1217817				
5.27328097	=	5.27332517	Δ SN4:	0.00%

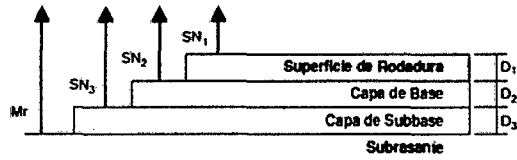
<u>Quinta iteración</u>				
SN: 1.12173749				
5.27328097	=	5.27324132	Δ SN5:	0.00%

Después de Iterar Cinco Veces, se obtuvo un SN para base aproximado de:

SN(base): **1.12**

Diseño de Espesores:

Figura 7-2
Procedimiento para determinar el espesor



Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1.993

SN Base:	1.12	a1:	0.170		
SN Sub Base:	1.19	a2:	0.052	m2:	1.00
SN Sub rasante:	2.21	a3:	0.047	m3:	1.00

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

$$SN_1 \leq a_1 \cdot d_1 \quad ; \quad 1.12 \leq 0.17 \cdot d_1 \quad \rightarrow \quad d_1 = 6.59 \text{ cm.}$$

$$d_1 = \boxed{6.50 \text{ cm.}}$$

$$SN_1^* = 1.11$$

$$SN_2 \leq SN_1^* + a_2 \cdot m_2 \cdot d_2 \quad ; \quad d_2 \geq (SN_2 - SN_1^*) / (a_2 \cdot m_2) \quad ; \quad d_2 \geq (1.19 - 1.11) / (0.052 \cdot 1)$$

$$d_2 = 1.54 \text{ cm.}$$

$$d_2 = \boxed{2.00 \text{ cm.}}$$

$$SN_2^* = 0.10$$

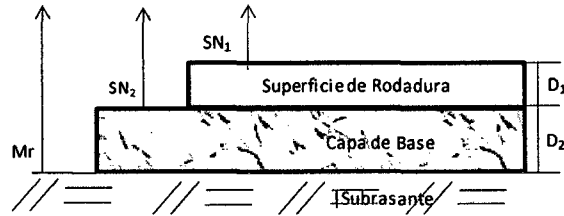
$$SN_3 \leq SN_1^* + SN_2^* + a_3 \cdot m_3 \cdot d_3 \quad ; \quad d_3 \geq (SN_3 - SN_1^* - SN_2^*) / (a_3 \cdot m_3) \quad ; \quad d_3 \geq (2.21 - 0.1 - 1.11) / (0.047 \cdot 1)$$

$$d_3 = 21.28 \text{ cm.}$$

$$d_3 = \boxed{22.00 \text{ cm.}}$$

Reajustes:

Se observa que el espesor de la base ($d_2=2.00 \text{ cm.}$) es demasiado reducido, presentando valores irreales al momento de construirlo. Procediendo a elaborar otra fórmula en función de la carpeta asfáltica, base granular y subrasante, tal como se muestra:



$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2$$

SN Base:	1.12	a1:	0.170		
SN Subrasante:	2.21	a2:	0.052	m2:	1.00

$$SN_1 \leq a_1 \cdot d_1 \quad ; \quad 1.12 \leq 0.17 \cdot d_1$$

$$\begin{aligned} \text{---> } d_1 &= 6.59 \text{ cm.} \\ d_1 &= \boxed{7.00 \text{ cm.}} \end{aligned}$$

$$SN_1^* = 1.19$$

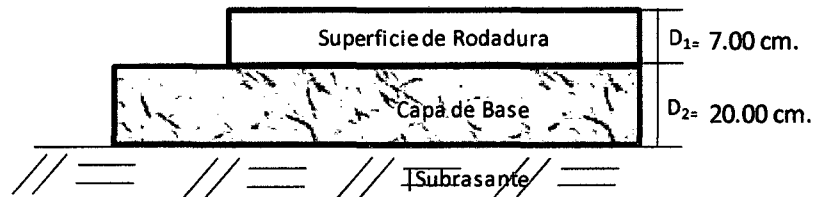
$$SN_2 \leq SN_1^* + a_2 \cdot m_2 \cdot d_2 \quad ; \quad d_2 \geq (SN_2 - SN_1^*) / (a_2 \cdot m_2) \quad ;$$

$$\begin{aligned} d_2 &\geq (2.21 - 1.19) / (0.052 \cdot 1) \\ d_2 &= 19.62 \text{ cm.} \\ d_2 &= \boxed{20.00 \text{ cm.}} \end{aligned}$$

$$SN_2^* = 1.04$$

Verificando fórmula:

$$\begin{aligned} SN_1^* + SN_2^* &\geq SN \quad ; \quad 1.19 + 1.04 \geq 2.21 \\ 2.23 &\geq 2.21 \quad \text{Fórmula correcta} \end{aligned}$$



Definición de valores para calculo de espesores del Pavimento Flexible: KM 04+000

a) W18, es Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes a 18000 lb (80 kN)

W18: 187620.794

b) Modulo de Resiliencia (MR)

Mr (Psi): 2555xCBR^{0.64}

	SUBRASANTE						SUB-BASE	BASE
	Km 1	Km 2	Km 3	Km 4	Km 5	Promedio	ENSAYO	ENSAYO
CBR al 100% MDS	7.48	13.49	9.9	10.63	13.13	10.926	93.4	109.3
CBR al 95% MDS	5.5	9.4	6.1	6.3	8.9	7.24	62.4	76.6
Mr (Psi) 100%	9261.64056	13588.2333	11034.0714	11597.7686	13276.46307	11863.8715	16667.89%	
Mr (Psi) 95%	7607.16832	10719.9493	8128.34257	8297.9126	10351.43379	9070.34042		

c) Confiabilidad (%R)

R: 70%

d) Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr)

Zr: -0.524

e) Desviación Estándar Combinada (So)

So: 0.40

f) Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

f.1) Serviciabilidad Inicial (Pi)

Pi: 3.80

f.2) Serviciabilidad Final o Terminal (PT)

Pt: 2.00

f.3) Variación de Serviciabilidad (ΔPSI)

ΔPSI: 1.80

g) Numero Estructural Requerido (SNR)

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Con los datos obtenidos en campo, tales como el CBR de la subrasante, sub-base y base, se procede a realizar las iteraciones.

g.1) Numero estructural Requerido para subrasante

<u>Primera iteración</u>			
SN:	1		
5.27328097	=	3.42425011	ΔSN1: 184.90%
<u>Segunda iteración</u>			
SN:	2.84903086		
5.27328097	=	5.96573309	ΔSN2: -69.25%
<u>Tercera iteración</u>			
SN:	2.15657874		
5.27328097	=	5.23014933	ΔSN3: 4.31%

<u>Cuarta iteración</u>				
SN: 2.19971038				
5.27328097	=	5.28184104	Δ SN4:	-0.86%

<u>Quinta iteración</u>				
SN: 2.19115031				
5.27328097	=	5.2716522	Δ SN5:	0.16%

Después de Iterar Cinco Veces, se obtuvo un SN para subrasante aproximado de:

SN(subrasante): **2.19**

g.2) Numero estructural Requerido para sub-base

<u>Primera iteración</u>				
SN: 1.19264274				
5.27328097	=	5.27322584	Δ SN1:	0.01%

<u>Segunda iteración</u>				
SN: 1.19269787				
5.27328097	=	5.27332686	Δ SN2:	0.00%

<u>Tercera iteración</u>				
SN: 1.19265198				
5.27328097	=	5.27324277	Δ SN3:	0.00%

<u>Cuarta iteración</u>				
SN: 1.19269018				
5.27328097	=	5.27331277	Δ SN4:	0.00%

<u>Quinta iteración</u>				
SN: 1.19265838				
5.27328097	=	5.2732545	Δ SN5:	0.00%

Después de Iterar Cinco Veces, se obtuvo un SN para Sub-base aproximado de:

SN(sub-base): **1.19**

g.3) Numero estructural Requerido para base

<u>Primera iteración</u>				
SN: 1.12172611				
5.27328097	=	5.27321973	ΔSN1:	0.01%

<u>Segunda iteración</u>				
SN: 1.12178735				
5.27328097	=	5.27333591	ΔSN2:	-0.01%

<u>Tercera iteración</u>				
SN: 1.12173242				
5.27328097	=	5.27323169	ΔSN3:	0.00%

<u>Cuarta iteración</u>				
SN: 1.1217817				
5.27328097	=	5.27332517	ΔSN4:	0.00%

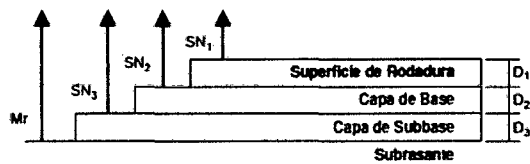
<u>Quinta iteración</u>				
SN: 1.12173749				
5.27328097	=	5.27324132	ΔSN5:	0.00%

Después de Iterar Cinco Veces, se obtuvo un SN para base aproximado de:

SN(base): **1.12**

Diseño de Espesores:

Figura 7-2
Procedimiento para determinar el espesor



Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1.993

SN Base:	1.12	a1:	0.170		
SN Sub Base:	1.19	a2:	0.052	m2:	1.00
SN Sub rasante:	2.19	a3:	0.047	m3:	1.00

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

$$SN_1 \leq a_1 \cdot d_1 \quad ; \quad 1.12 \leq 0.17 \cdot d_1 \quad \rightarrow \quad d_1 = 6.59 \text{ cm.}$$

$$d_1 = 6.50 \text{ cm.}$$

$$SN_1^* = 1.11$$

$$SN_2 \leq SN_1^* + a_2 \cdot m_2 \cdot d_2 \quad ; \quad d_2 \geq (SN_2 - SN_1^*) / (a_2 \cdot m_2) \quad ; \quad d_2 \geq (1.19 - 1.11) / (0.052 \cdot 1)$$

$$d_2 = 1.54 \text{ cm.}$$

$$d_2 = 2.00 \text{ cm.}$$

$$SN_2^* = 0.10$$

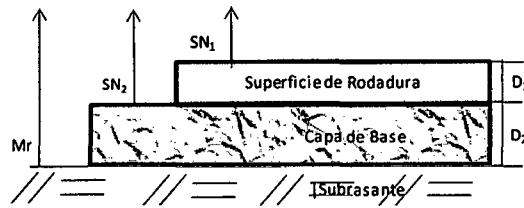
$$SN_3 \leq SN_1^* + SN_2^* + a_3 \cdot m_3 \cdot d_3 \quad ; \quad d_3 \geq (SN_3 - SN_2^* - SN_1^*) / (a_3 \cdot m_3) \quad ; \quad d_3 \geq (2.19 - 0.1 - 1.11) / (0.047 \cdot 1)$$

$$d_3 = 20.85 \text{ cm.}$$

$$d_3 = 22.00 \text{ cm.}$$

Reajustes:

Se observa que el espesor de la base ($d_2=2.00$ cm.) es demasiado reducido, presentando valores irreales al momento de construirlo. Procediendo a elaborar otra fórmula en función de la carpeta asfáltica, base granular y subrasante, tal como se muestra:



$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2$$

SN Base:	1.12	a1:	0.170		
SN Subrasante:	2.19	a2:	0.052	m2:	1.00

$$SN_1 \leq a_1 \cdot d_1 \quad ; \quad 1.12 \leq 0.17 \cdot d_1 \quad \text{---> } d_1 = 6.59 \text{ cm.}$$

$$d_1 = \boxed{7.00 \text{ cm.}}$$

$$SN_1^* = 1.19$$

$$SN_2 \leq SN_1^* + a_2 \cdot m_2 \cdot d_2 \quad ; \quad d_2 \geq (SN_2 - SN_1^*) / (a_2 \cdot m_2) \quad ; \quad d_2 \geq (2.19 - 1.19) / (0.052 \cdot 1)$$

$$d_2 = 19.23 \text{ cm.}$$

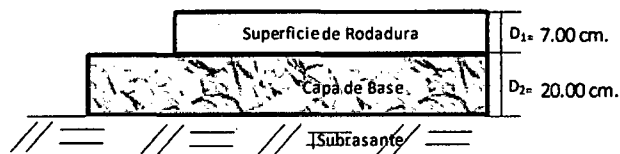
$$d_2 = \boxed{20.00 \text{ cm.}}$$

$$SN_2^* = 1.04$$

Verificando fórmula:

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN \quad ; \quad 1.19 + 1.04 \geq 2.19$$

$$2.23 \geq 2.19 \quad \text{Fórmula correcta}$$



Definición de valores para calculo de espesores del Pavimento Flexible: KM 05+000

a) W18, es Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes a 18000 lb (80 kN)

W18: 187620.794

b) Modulo de Resiliencia (MR)

Mr (Psi): $2555 \times \text{CBR}^{0.64}$

	SUBRASANTE						SUB-BASE	BASE
	Km 1	Km 2	Km 3	Km 4	Km 5	Promedio	ENSAYO	ENSAYO
CBR al 100% MDS	7.48	13.49	9.9	10.63	13.13	10.926	93.4	109.3
CBR al 95% MDS	5.5	9.4	6.1	6.3	8.9	7.24	62.4	76.6
Mr(Psi) 100%	9261.64066	13508.2333	11081.4714	11597.7086	13276.40002	11803.3713	46602.896	
Mr(Psi) 95%	7607.16832	10719.9493	8128.34257	8297.9126	10351.43379	9070.34042		11048.5024

c) Confiabilidad (%R)

R: 70%

d) Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr)

Zr: -0.524

e) Desviación Estándar Combinada (So)

So: 0.40

f) Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

f.1) Serviciabilidad Inicial (Pi)

Pi: 3.80

f.2) Serviciabilidad Final o Terminal (PT)

Pt: 2.00

f.3) Variación de Serviciabilidad (ΔPSI)

ΔPSI: 1.80

g) Numero Estructural Requerido (SNR)

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_r) - 8.07$$

Con los datos obtenidos en campo, tales como el CBR de la subrasante, sub-base y base, se procede a realizar las iteraciones.

g.1) Numero estructural Requerido para subrasante

Primera iteración			
SN:	1		
5.27328097	=	3.64704354	ΔSN1: 162.62%
Segunda iteración			
SN:	2.62623743		
5.27328097	=	5.97199763	ΔSN2: -69.87%
Tercera iteración			
SN:	1.92752077		
5.27328097	=	5.16292619	ΔSN3: 11.04%

<u>Cuarta iteración</u>				
SN: 2.03787555				
5.27328097	=	5.30600202	Δ SN4:	-3.27%

<u>Quinta iteración</u>				
SN: 2.0051545				
5.27328097	=	5.26424702	Δ SN5:	0.90%

Después de Iterar Cinco Veces, se obtuvo un SN para subrasante aproximado de:

SN(subrasante): **2.01**

g.2) Numero estructural Requerido para sub-base

<u>Primera iteración</u>				
SN: 1.19264274				
5.27328097	=	5.27322584	Δ SN1:	0.01%

<u>Segunda iteración</u>				
SN: 1.19269787				
5.27328097	=	5.27332686	Δ SN2:	0.00%

<u>Tercera iteración</u>				
SN: 1.19265198				
5.27328097	=	5.27324277	Δ SN3:	0.00%

<u>Cuarta iteración</u>				
SN: 1.19269018				
5.27328097	=	5.27331277	Δ SN4:	0.00%

<u>Quinta iteración</u>				
SN: 1.19265838				
5.27328097	=	5.2732545	Δ SN5:	0.00%

Después de Iterar Cinco Veces, se obtuvo un SN para Sub-base aproximado de:

SN(sub-base): **1.19**

g.3) Numero estructural Requerido para base

<u>Primera iteración</u>				
SN: 1.12172611				
5.27328097	=	5.27321973	Δ SN1:	0.01%

<u>Segunda iteración</u>				
SN: 1.12178735				
5.27328097	=	5.27333591	Δ SN2:	-0.01%

<u>Tercera iteración</u>				
SN: 1.12173242				
5.27328097	=	5.27323169	Δ SN3:	0.00%

<u>Cuarta iteración</u>				
SN: 1.1217817				
5.27328097	=	5.27332517	Δ SN4:	0.00%

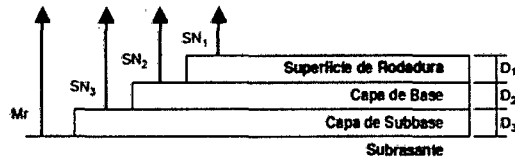
<u>Quinta iteración</u>				
SN: 1.12173749				
5.27328097	=	5.27324132	Δ SN5:	0.00%

Después de Iterar Cinco Veces, se obtuvo un SN para base aproximado de:

SN(base): **1.12**

Diseño de Espesores:

Figura 7-2
Procedimiento para determinar el espesor



Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993

SN Base:	1.12	a1:	0.170		
SN Sub Base:	1.19	a2:	0.052	m2:	1.00
SN Sub rasante:	2.01	a3:	0.047	m3:	1.00

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

$$SN_1 \leq a_1 \cdot d_1 \quad ; \quad 1.12 \leq 0.17 \cdot d_1 \quad \text{---> } d_1 = 6.59 \text{ cm.}$$

$$d_1 = \boxed{6.50 \text{ cm.}}$$

$$SN_1^* = 1.11$$

$$SN_2 \leq SN_1^* + a_2 \cdot m_2 \cdot d_2 \quad ; \quad d_2 \geq (SN_2 - SN_1^*) / (a_2 \cdot m_2) \quad ;$$

$$d_2 \geq (1.19 - 1.11) / (0.052 \cdot 1)$$

$$d_2 = 1.54 \text{ cm.}$$

$$d_2 = \boxed{2.00 \text{ cm.}}$$

$$SN_2^* = 0.10$$

$$SN_3 \leq SN_1^* + SN_2^* + a_3 \cdot m_3 \cdot d_3 \quad ; \quad d_3 \geq (SN_3 - SN_1^* - SN_2^*) / (a_3 \cdot m_3) \quad ;$$

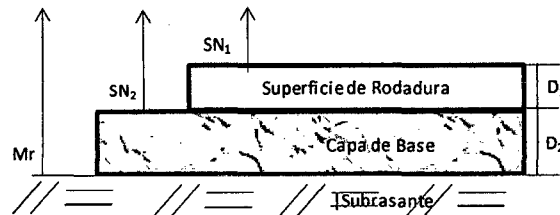
$$d_3 \geq (2.01 - 0.1 - 1.11) / (0.047 \cdot 1)$$

$$d_3 = 17.02 \text{ cm.}$$

$$d_3 = \boxed{22.00 \text{ cm.}}$$

Reajustes:

Se observa que el espesor de la base ($d_2=2.00 \text{ cm.}$) es demasiado reducido, presentando valores irreales al momento de construirlo. Procediendo a elaborar otra fórmula en función de la carpeta asfáltica, base granular y subrasante, tal como se muestra:



$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2$$

SN Base:	1.12	a1:	0.170		
SN Subrasante:	2.01	a2:	0.052	m2:	1.00

$$SN_1 \leq a_1 \cdot d_1 \quad ; \quad 1.12 \leq 0.17 \cdot d_1$$

$$\begin{aligned} \text{---> } d_1 &= 6.59 \text{ cm.} \\ d_1 &= \boxed{7.00 \text{ cm.}} \end{aligned}$$

$$SN_1^* = 1.19$$

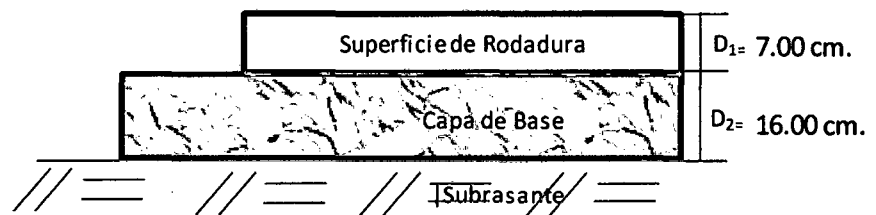
$$SN_2 \leq SN_1^* + a_2 \cdot m_2 \cdot d_2 \quad ; \quad d_2 \geq (SN_2 - SN_1^*) / (a_2 \cdot m_2) \quad ;$$

$$\begin{aligned} d_2 &\geq (2.01 - 1.19) / (0.052 \cdot 1) \\ d_2 &= 15.77 \text{ cm.} \\ d_2 &= \boxed{16.00 \text{ cm.}} \end{aligned}$$

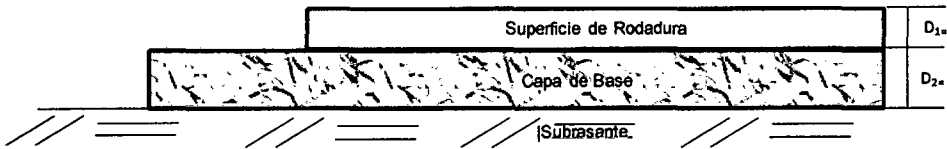
$$SN_2^* = 0.83$$

Verificando fórmula:

$$\begin{aligned} SN_1^* + SN_2^* &\geq SN \quad ; \quad 1.19 + 0.83 \geq 2.01 \\ 2.02 &\geq 2.01 \quad \text{Fórmula correcta} \end{aligned}$$

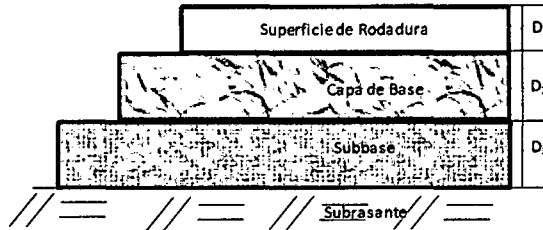


Resumen de espesores



Km.	Superficie de Rodadura (D1)	Base (D2)
0+000-1+000	0.07 m.	0.21 m.
1+000-2+000	0.07 m.	0.16 m.
2+000-3+000	0.07 m.	0.20 m.
3+000-4+000	0.07 m.	0.20 m.
4+000-5+000	0.07 m.	0.16 m.

Por razones de factores en el proceso constructivo, el resumen se verá modificado de la siguiente forma, ya que el valor del espesor de la superficie de rodadura es muy elevado (0.07 m.), el cual se disminuirá a 0.05 m., adicional a esto se incorporará una capa de sub base de 0.15 m. para evitar el ascenso capilar en el terreno a la base.



Km.	Superficie de Rodadura (D1)	Base (D2)	Sub Base (D3)
0+000-1+000	0.05 m.	0.21 m.	0.15 m.
1+000-2+000	0.05 m.	0.16 m.	0.15 m.
2+000-3+000	0.05 m.	0.20 m.	0.15 m.
3+000-4+000	0.05 m.	0.20 m.	0.15 m.
4+000-5+000	0.05 m.	0.16 m.	0.15 m.

4.2 DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

Definición de valores para calculo de espesores del Pavimento Rígido: Km 01+000

$$\text{Log}_{10}W_{32} = Z_R S_o + 7.35 \text{Log}_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P) \times \text{Log}_{10}\left(\frac{M_r C_{dx} (0.09D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}}\right)}\right)$$

2.1 · El tránsito (ESALs)

W= 97405.4567

2.2 · Serviciabilidad

2.2.1) Serviciabilidad Inicial (Pi)

Pi: 4.10

2.2.2) Serviciabilidad Final o Terminal (PT)

Pt: 2.00

2.2.3) Variación de Serviciabilidad (ΔPSI)

ΔPSI: 2.10

2.3 · La confiabilidad "R" y la desviación estándar (So)

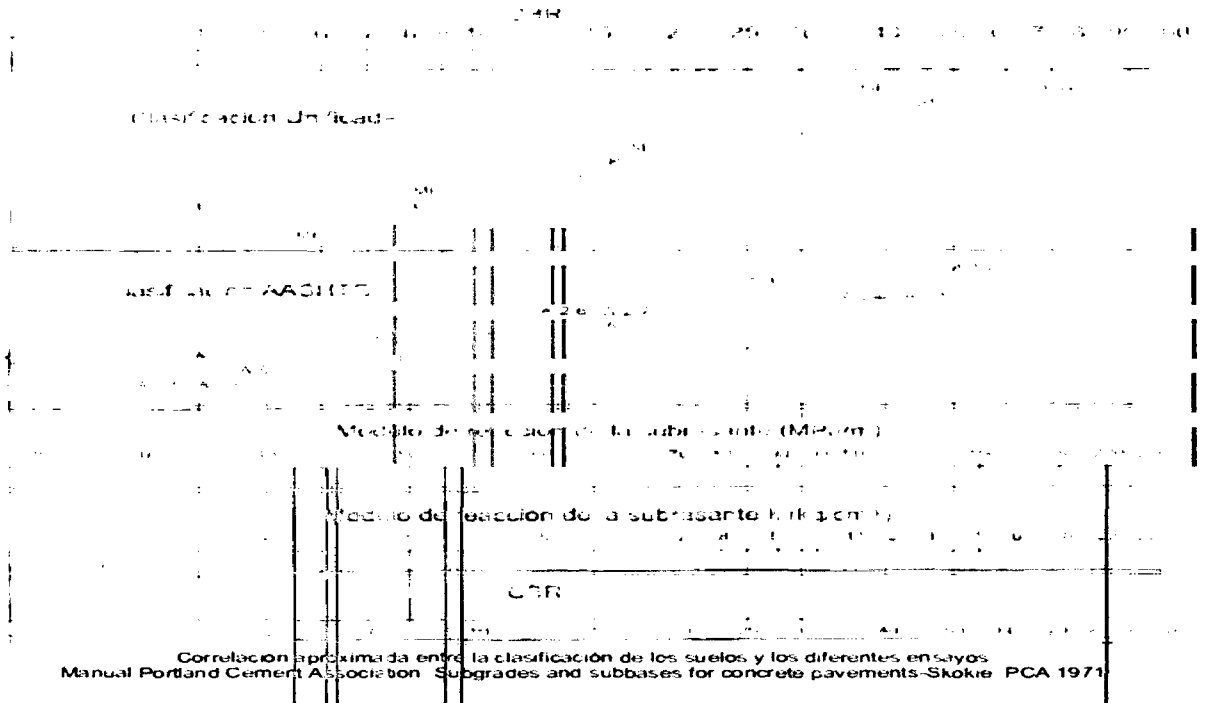
R= 65.00%

Zr= -0.385

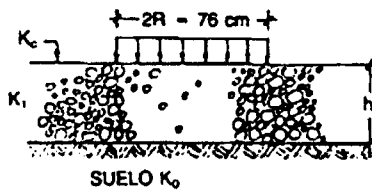
So= 0.30

2.4 · El suelo y el efecto de las capas de apoyo (Kc)

Figura 14.1
Correlación CBR y Módulo de Reacción de la Subrasante



	SUBRASANTE						BASE
	Promedio						
CBR al 100% MDS	7.48	13.49	9.9	10.63	13.13	10.926	109.3
CBR al 95% MDS	5.5	9.4	6.1	6.3	8.9	7.24	76.6
K (Mpa/m) 100%	49	62	55	56	60	57	220
K (Mpa/m) 95%	42	54	44	45	52	48	185



$$K_c = K_0 \sqrt{1 + \left(\frac{h}{38}\right)^2 \times \left(\frac{K_1}{K_0}\right)^{2/3}}$$

K_1 (kg/cm³) : Coeficiente de reacción de la sub base granular

K_c (kg/cm³) : Coeficiente de reacción combinado

K_0 (kg/cm³) : Coeficiente de reacción de la subrasante

h : Espesor de la subbase granular

Km 1+000

$$K_0 = 42.00 \text{ MPa.} ; K_0 = 4.20 \text{ Kg/cm}^3.$$

$$K_1 = 185.00 \text{ MPa.} ; K_1 = 18.50 \text{ Kg/cm}^3.$$

$$h = 15.00 \text{ cm.}$$

$$K_c = 5.00 \text{ Kg/cm}^3.$$

$$K_c = 50.03 \text{ MPa.}$$

2.5 · Resistencia a flexotracción del concreto (MR)- en MPa

$$Mr = a \sqrt{f'c}$$

$$a = 3.00 \quad 1.99 \leq a \leq 3.18$$

$$Mr_{min} = 40.00 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$f'c = 210.00 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Mr = 43.47 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$Mr = 4.26 \text{ MPa.}$$

2.6 · Módulo elástico del concreto, en MPa

$$E = 57,000 \times (f'c)^{0.5}; (f'c \text{ en PSI})$$

$$f'c = 210.00 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$f'c = 2986.90 \text{ Psi.}$$

$$E = 3115195.81 \text{ Psi.}$$

$$E = 21478.519 \text{ MPa.}$$

2.7 · Drenaje (Cd)

$$Cd = 1.00$$

2.8 · Transferencia de cargas (J)

$$J = 3.80$$

CÁLCULO DE ESPESOR "D"

$$\log_{10} W_{82} = Z_R S_0 + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P) \times \log_{10} \left(\frac{M_r C_d (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right)$$

Donde:

W_{82} = numero previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del periodo de diseño

Z_R = desviación normal estándar

S_0 = error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento

D = espesor de pavimento de concreto, en milímetros

ΔPSI = diferencia entre los índices de servicio inicial y final

P_t = índice de serviciabilidad o servicio final

M_r = resistencia media del concreto (en Mpa) a flexo tracción a los 28 días (método de carga en los tercios de luz)

C_d = coeficiente de drenaje

J = coeficiente de transmisión de carga en las juntas

E_c = modulo de elasticidad del concreto, en Mpa

K = modulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

<u>Primera iteración</u>			
D=	101.02		
4.98858329	=	4.98860276	$\Delta D1:$ 0.00%

<u>Segunda iteración</u>			
D=	101.02		
4.98858329	=	4.98860242	$\Delta D2:$ 0.00%

<u>tercera iteración</u>			
D=	101.02		
4.98858329	=	4.98860209	$\Delta D3:$ 0.00%

<u>cuarta iteración</u>			
D=	101.02		
4.98858329	=	4.98860176	$\Delta D4:$ 0.00%

<u>quinta iteración</u>			
D=	101.02		
4.98858329	=	4.98860144	$\Delta D5:$ 0.00%

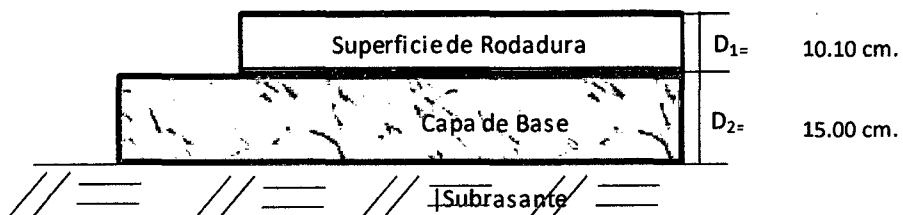
<u>sexta iteración</u>			
D=	101.02		
4.98858329	=	4.98860113	$\Delta D6:$ 0.00%

<u>séptima iteración</u>			
D=	101.02		
4.98858329	=	4.98860082	$\Delta D7:$ 0.00%

<u>octava iteración</u>			
D=	101.02		
4.98858329	=	4.98860052	$\Delta D8:$ 0.00%

<u>novena iteración</u>			
D=	101.02		
4.98858329	=	4.98860022	$\Delta D9:$ 0.00%

<u>décima iteración</u>			
D=	101.02		
4.98858329	=	4.98859993	$\Delta D10:$ 0.00%



Definición de valores para calculo de espesores del Pavimento Rígido: Km 02+000

$$\text{Log}_{10}W_{82} = Z_R S_o + 7.35 \text{Log}_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_i) \times \text{Log}_{10} \left(\frac{M_r C_{dx} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 x J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right)$$

2.1 · El tránsito (ESALs)

W= 97405.4567

2.2 · Serviciabilidad

2.2.1) Serviciabilidad Inicial (Pi)

Pi: 4.10

2.2.2) Serviciabilidad Final o Terminal (PT)

Pt: 2.00

2.2.3) Variación de Serviciabilidad (ΔPSI)

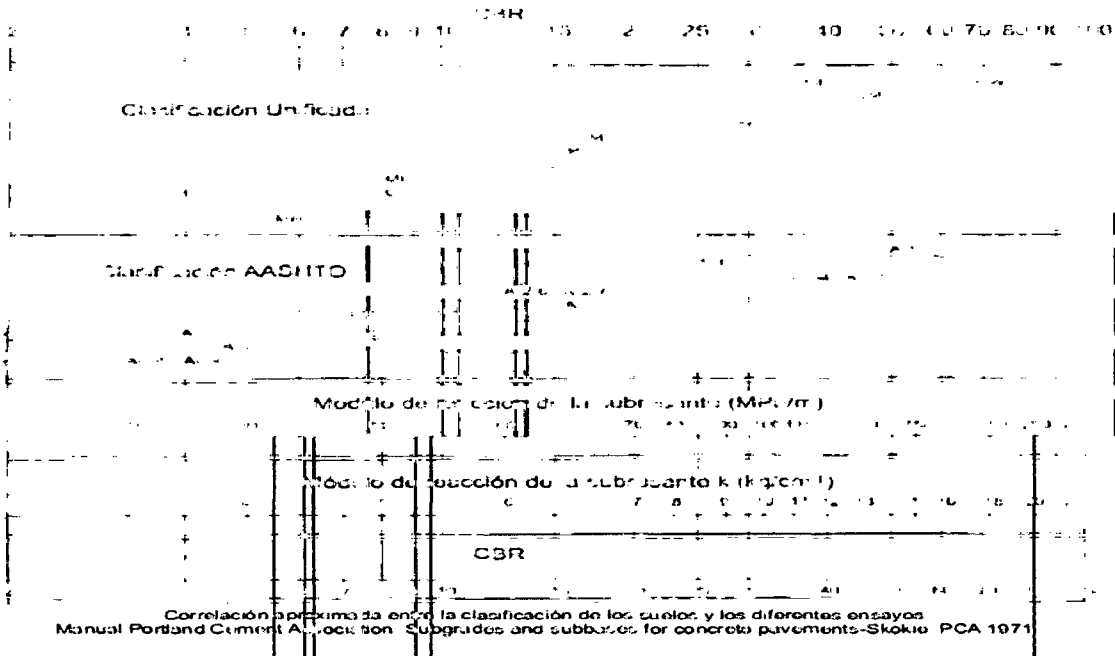
ΔPSI: 2.10

2.3 · La confiabilidad "R" y la desviación estándar (So)

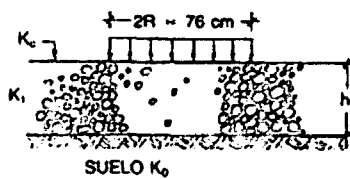
R= 65.00%
Zr= -0.385
So= 0.30

2.4 · El suelo y el efecto de las capas de apoyo (Kc)

Figura 14.1
Correlación CBR y Módulo de Reacción de la Subrasante



	SUBRASANTE						BASE
	Km 1	Km 2	Km 3	Km 4	Km 5	Promedio	
CBR al 100% MDS	7.48	13.49	9.9	10.63	13.13	10.926	109.3
CBR al 95% MDS	5.5	9.4	6.1	6.3	8.9	7.24	76.6
K (Mpa/m) 100%	49	62	55	56	60	57	220
K (Mpa/m) 95%	42	54	44	45	52	48	185



$$K_c = K_o \sqrt{1 + \left(\frac{h}{38}\right)^2 \times \left(\frac{K_1}{K_o}\right)^{2/3}}$$

K_1 (kg/cm³): Coeficiente de reacción de la sub base granular

K_c (kg/cm³): Coeficiente de reacción combinado

K_o (kg/cm³): Coeficiente de reacción de la subrasante

h : Espesor de la subbase granular

Km 1+000

$$K_o = 54.00 \text{ MPa.} ; K_o = 5.40 \text{ Kg/cm}^3.$$

$$K_1 = 185.00 \text{ MPa.} ; K_1 = 18.50 \text{ Kg/cm}^3.$$

$$h = 15.00 \text{ cm.}$$

$$K_c = 6.28 \text{ Kg/cm}^3.$$

$$K_c = 62.84 \text{ MPa.}$$

2.5 · Resistencia a flexotracción del concreto (MR)- en MPa

$$Mr = a \sqrt{f'c}$$

$$a = 3.00 \quad 1.99 \leq a \leq 3.18$$

$$Mr_{min} = 40.00 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$f'c = 210.00 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Mr = 43.47 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$Mr = 4.26 \text{ MPa.}$$

2.6 · Módulo elástico del concreto, en MPa

$$E = 57,000x(f'c)^{0.5}; (f'c \text{ en PSI})$$

$$f'c = 210.00 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$f'c = 2986.90 \text{ Psi.}$$

$$E = 3115195.81 \text{ Psi.}$$

$$E = 21478.519 \text{ MPa.}$$

2.7 · Drenaje (Cd)

$$Cd = 1.00$$

2.8 · Transferencia de cargas (J)

$$J = 3.80$$

CÁLCULO DE ESPESOR "D"

$$\text{Log}_{10} W_{82} = Z_R S_o + 7.35 \text{Log}_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_i) \times \text{Log}_{10} \left(\frac{M_r C_{dx} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right)$$

Donde:

W_{82} = numero previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del periodo de diseño

Z_R = desviación normal estándar

S_o = error estándar combinado en la predicción del transito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento

D = espesor de pavimento de concreto, en milímetros

ΔPSI = diferencia entre los índices de servicio inicial y final

P_i = índice de serviciabilidad o servicio final

M_r = resistencia media del concreto (en MPa) a flexo tracción a los 28 días (método de carga en los tercios de luz)

C_d = coeficiente de drenaje

J = coeficiente de transmisión de carga en las juntas

E_c = modulo de elasticidad del concreto, en MPa

K = modulo de reacción, dado en MPa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

<u>Primera iteración</u>				
D=	92.51			
4.98858329	=	4.98872015	$\Delta D1:$	-0.01%

<u>Segunda iteración</u>				
D=	92.51			
4.98858329	=	4.98871829	$\Delta D2:$	-0.01%

<u>tercera iteración</u>				
D=	92.51			
4.98858329	=	4.98871645	$\Delta D3:$	-0.01%

<u>cuarta iteración</u>				
D=	92.51			
4.98858329	=	4.98871463	$\Delta D4:$	-0.01%

<u>quinta iteración</u>				
D=	92.51			
4.98858329	=	4.98871284	$\Delta D5:$	-0.01%

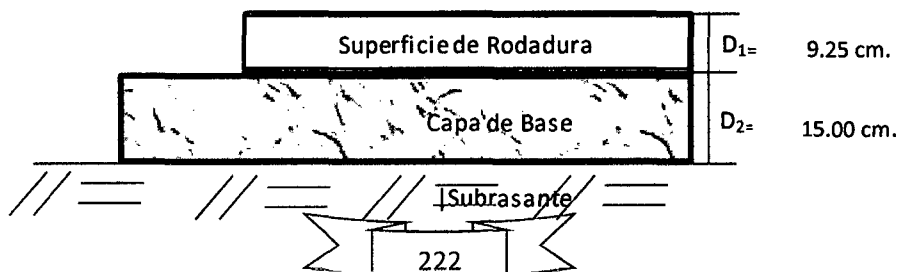
<u>sexta iteración</u>				
D=	92.51			
4.98858329	=	4.98871107	$\Delta D6:$	-0.01%

<u>séptima iteración</u>				
D=	92.51			
4.98858329	=	4.98870933	$\Delta D7:$	-0.01%

<u>octava iteración</u>				
D=	92.51			
4.98858329	=	4.98870761	$\Delta D8:$	-0.01%

<u>novena iteración</u>				
D=	92.51			
4.98858329	=	4.98870592	$\Delta D9:$	-0.01%

<u>décima iteración</u>				
D=	92.51			
4.98858329	=	4.98870424	$\Delta D10:$	-0.01%



Definición de valores para calculo de espesores del Pavimento Rígido: Km 03+000

$$\text{Log}_{10}W_{82} = Z_R S_D + 7.35 \text{Log}_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_f) \times \text{Log}_{10}\left(\frac{M_r C_{fs} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}}\right)}\right)$$

2.1 · El tránsito (ESALs)

$$W = 97405.4567$$

2.2 · Serviciabilidad

2.2.1) Serviciabilidad Inicial (Pi)

Pi: 4.10

2.2.2) Serviciabilidad Final o Terminal (PT)

Pt: 2.00

2.2.3) Variación de Serviciabilidad (ΔPSI)

ΔPSI: 2.10

2.3 · La confiabilidad "R" y la desviación estándar (So)

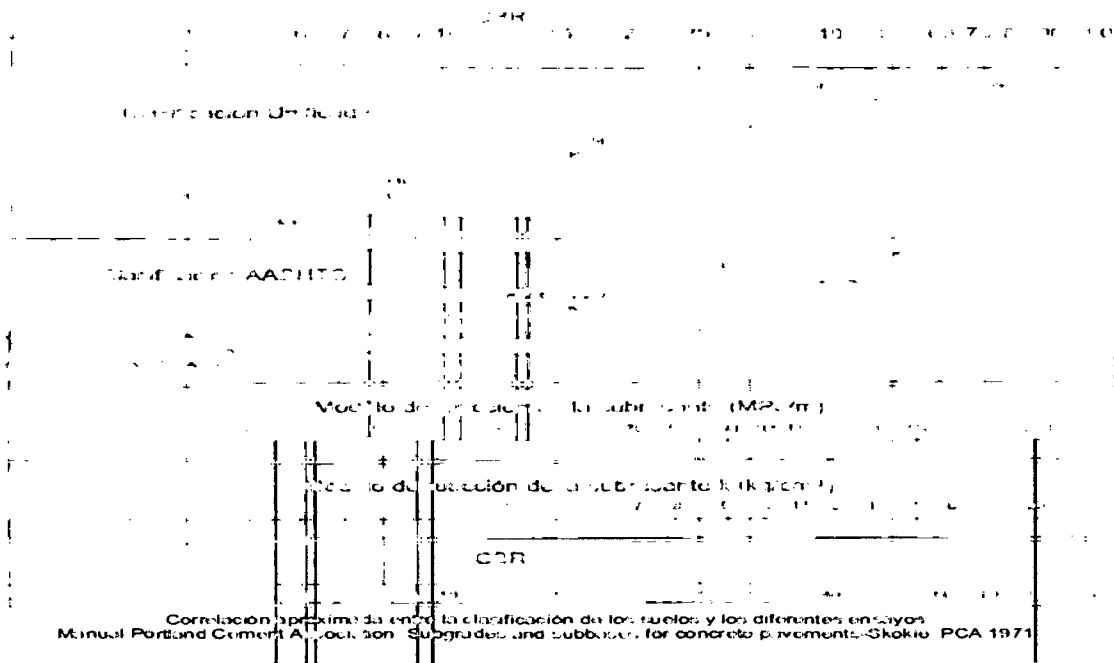
R = 65.00%

Zr = -0.385

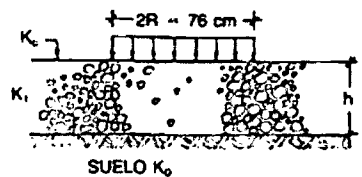
So = 0.30

2.4 · El suelo y el efecto de las capas de apoyo (Kc)

Figura 14.1
Correlación CBR y Módulo de Reacción de la Subrasante



	SUBRASANTE						BASE
	Km 1	Km 2	Km 3	Km 4	Km 5	Promedio	
CBR al 100% MDS	7.48	13.49	9.9	10.63	13.13	10.926	109.3
CBR al 95% MDS	5.5	9.4	6.1	6.3	8.9	7.24	76.6
K (Mpa/m) 100%	49	62	55	56	60	57	220
K (Mpa/m) 95%	42	54	44	45	52	48	185



$$K_c = K_0 \sqrt{1 + \left(\frac{h}{38}\right)^2 \times \left(\frac{K_1}{K_0}\right)^{2/3}}$$

K_1 (kg/cm³) : Coeficiente de reacción de la sub base granular

K_c (kg/cm³) : Coeficiente de reacción combinado

K_o (kg/cm³) : Coeficiente de reacción de la subrasante

h : Espesor de la subbase granular

Km 1+000

$$K_o = 44.00 \text{ MPa.} ; K_o = 4.40 \text{ Kg/cm}^3.$$

$$K_1 = 185.00 \text{ MPa.} ; K_1 = 18.50 \text{ Kg/cm}^3.$$

$$h = 15.00 \text{ cm.}$$

$$K_c = 5.22 \text{ Kg/cm}^3.$$

$$K_c = 52.17 \text{ MPa.}$$

2.5 · Resistencia a flexotracción del concreto (MR)- en MPa

$$Mr = a \sqrt{f'c}$$

$$a = 3.00 \quad 1.99 \leq a \leq 3.18$$

$$Mr_{min} = 40.00 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$f'c = 210.00 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$Mr = 43.47 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$Mr = 4.26 \text{ MPa.}$$

2.6 · Módulo elástico del concreto, en MPa

$$E = 57,000 \times (f'c)^{0.5}; (f'c \text{ en PSI})$$

$$f'c = 210.00 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$f'c = 2986.90 \text{ Psi.}$$

$$E = 3115195.81 \text{ Psi.}$$

$$E = 21478.519 \text{ MPa.}$$

2.7 · Drenaje (Cd)

$$Cd = 1.00$$

2.8 · Transferencia de cargas (J)

$$J = 3.80$$

CÁLCULO DE ESPESOR "D"

$$\text{Log}_{10} W_{82} = Z_R S_o + 7.35 \text{Log}_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10} \left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_i) \times \text{Log}_{10} \left(\frac{M_r C_{dr} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right)$$

Donde:

W_{82} = numero previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del periodo de diseño

Z_R = desviación normal estándar

S_o = error estándar combinado en la predicción del transito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento

D = espesor de pavimento de concreto, en milímetros

ΔPSI = diferencia entre los índices de servicio inicial y final

P_i = índice de serviciabilidad o servicio final

M_r = resistencia media del concreto (en Mpa) a flexo tracción a los 28 días (método de carga en los tercios de luz)

C_d = coeficiente de drenaje

J = coeficiente de transmisión de carga en las juntas

E_c = modulo de elasticidad del concreto, en Mpa

K = modulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

<u>Primera iteración</u>				
D=	99.75			
4.98858329	=	4.98862978	$\Delta D1:$	0.00%

<u>Segunda iteración</u>				
D=	99.75			
4.98858329	=	4.988629	$\Delta D2:$	0.00%

<u>tercera iteración</u>				
D=	99.75			
4.98858329	=	4.98862822	$\Delta D3:$	0.00%

<u>cuarta iteración</u>				
D=	99.75			
4.98858329	=	4.98862747	$\Delta D4:$	0.00%

<u>quinta iteración</u>				
D=	99.75			
4.98858329	=	4.98862672	$\Delta D5:$	0.00%

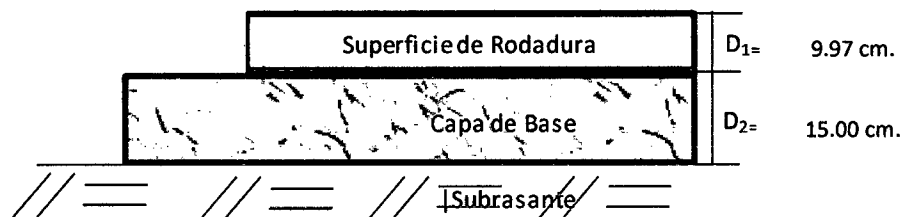
<u>sexta iteración</u>				
D=	99.75			
4.98858329	=	4.98862599	$\Delta D6:$	0.00%

<u>séptima iteración</u>				
D=	99.75			
4.98858329	=	4.98862526	$\Delta D7:$	0.00%

<u>octava iteración</u>				
D=	99.75			
4.98858329	=	4.98862455	$\Delta D8:$	0.00%

<u>novena iteración</u>				
D=	99.75			
4.98858329	=	4.98862386	$\Delta D9:$	0.00%

<u>décima iteración</u>				
D=	99.75			
4.98858329	=	4.98862317	$\Delta D10:$	0.00%



Definición de valores para calculo de espesores del Pavimento Rígido: Km 04+000

$$\text{Log}_{10}W_{82} = Z_R S_o + 7.35 \text{Log}_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_f) \times \text{Log}_{10}\left(\frac{M_r C_{dx} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}}\right)}\right)$$

2.1 · El tránsito (ESALs)

$$W = 97405.4567$$

2.2 · Serviciabilidad

2.2.1) Serviciabilidad Inicial (Pi)

$$P_i = 4.10$$

2.2.2) Serviciabilidad Final o Terminal (Pt)

$$P_t = 2.00$$

2.2.3) Variación de Serviciabilidad (ΔPSI)

$$\Delta PSI = 2.10$$

2.3 · La confiabilidad "R" y la desviación estándar (So)

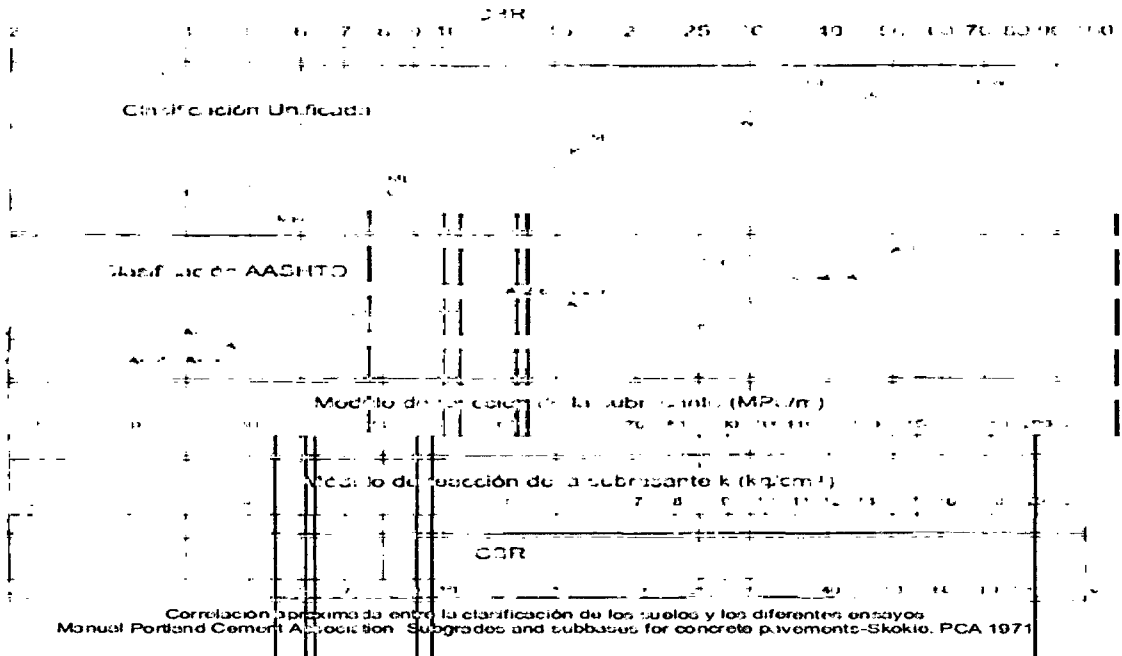
$$R = 65.00\%$$

$$Z_r = -0.385$$

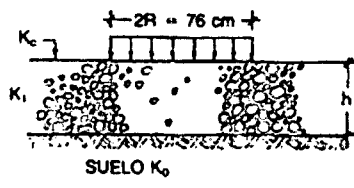
$$S_o = 0.30$$

2.4 · El suelo y el efecto de las capas de apoyo (Kc)

Figura 14.1
Correlación CBR y Módulo de Reacción de la Subrasante



	SUBRASANTE						BASE
	Km 1	Km 2	Km 3	Km 4	Km 5	Promedio	
CBR al 100% MDS	7.48	13.49	9.9	10.63	13.13	10.926	109.3
CBR al 95% MDS	5.5	9.4	6.1	6.3	8.9	7.24	76.6
K (Mpa/m) 100%	49	62	55	56	60	57	220
K (Mpa/m) 95%	42	54	44	45	52	48	185



$$K_c = K_0 \sqrt{1 + \left(\frac{h}{38}\right)^2 \times \left(\frac{K_1}{K_0}\right)^{2/3}}$$

K_1 (kg/cm³) : Coeficiente de reacción de la sub base granular

K_c (kg/cm³) : Coeficiente de reacción combinado

K_o (kg/cm³) : Coeficiente de reacción de la subrasante

h : Espesor de la subbase granular

Km 1+000

$$K_o = 45.00 \text{ MPa.} ; K_o = 4.50 \text{ Kg/cm}^3.$$

$$K_1 = 185.00 \text{ MPa.} ; K_1 = 18.50 \text{ Kg/cm}^3.$$

$$h = \boxed{15.00 \text{ cm.}}$$

$$K_c = 5.32 \text{ Kg/cm}^3.$$

$$K_c = 53.24 \text{ MPa.}$$

2.5 · Resistencia a flexotracción del concreto (MR)- en MPa

$$a = 3.00 \quad 1.99 \leq a \leq 3.18$$

$$Mr_{min} = 40.00 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$Mr = a \sqrt{f'c}$$

$$f'c = \boxed{210.00 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$Mr = 43.47 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$Mr = 4.26 \text{ MPa.}$$

2.6 · Módulo elástico del concreto, en MPa

$$E = 57,000 \times (f'c)^{0.5}; (f'c \text{ en PSI})$$

$$f'c = 210.00 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$f'c = 2986.90 \text{ Psi.}$$

$$E = 3115195.81 \text{ Psi.}$$

$$E = 21478.519 \text{ MPa.}$$

2.7 · Drenaje (Cd)

$$Cd = 1.00$$

2.8 · Transferencia de cargas (J)

$$J = 3.80$$

CÁLCULO DE ESPESOR "D"

$$\log_{10} W_{82} = Z_R S_o + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \times \log_{10} \left(\frac{M_r C_d (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right)$$

Donde:

W_{82} = numero previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del periodo de diseño

Z_R = desviación normal estándar

S_o = error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento

D = espesor de pavimento de concreto, en milímetros

ΔPSI = diferencia entre los índices de servicio inicial y final

P_t = índice de serviciabilidad o servicio final

M_r = resistencia media del concreto (en Mpa) a flexo tracción a los 28 días (método de carga en los tercios de luz)

C_d = coeficiente de drenaje

J = coeficiente de transmisión de carga en las juntas

E_c = modulo de elasticidad del concreto, en Mpa

K = modulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

<u>Primera iteración</u>				
D=	99.10			
4.98858329	=	4.98860255	$\Delta D1:$	0.00%

<u>Segunda iteración</u>				
D=	99.10			
4.98858329	=	4.98860223	$\Delta D2:$	0.00%

<u>tercera iteración</u>				
D=	99.10			
4.98858329	=	4.98860192	$\Delta D3:$	0.00%

<u>cuarta iteración</u>				
D=	99.10			
4.98858329	=	4.98860161	$\Delta D4:$	0.00%

<u>quinta iteración</u>				
D=	99.10			
4.98858329	=	4.9886013	$\Delta D5:$	0.00%

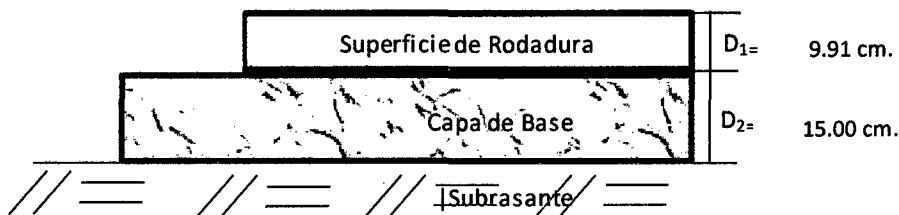
<u>sexta iteración</u>				
D=	99.10			
4.98858329	=	4.988601	$\Delta D6:$	0.00%

<u>séptima iteración</u>				
D=	99.10			
4.98858329	=	4.98860071	$\Delta D7:$	0.00%

<u>octava iteración</u>				
D=	99.10			
4.98858329	=	4.98860042	$\Delta D8:$	0.00%

<u>novena iteración</u>				
D=	99.10			
4.98858329	=	4.98860013	$\Delta D9:$	0.00%

<u>décima iteración</u>				
D=	99.10			
4.98858329	=	4.98859985	$\Delta D10:$	0.00%



Definición de valores para calculo de espesores del Pavimento Rígido: Km 05+000

$$\text{Log}_{10}W_{82} = Z_R S_o + 7.35 \text{Log}_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \times \text{Log}_{10} \left(\frac{M_r C_{dx} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right)$$

2.1 · El tránsito (ESALs)

$$W = 97405.4567$$

2.2 · Serviciabilidad

2.2.1) Serviciabilidad Inicial (Pi)

$$P_i = 4.10$$

2.2.2) Serviciabilidad Final o Terminal (PT)

$$P_t = 2.00$$

2.2.3) Variación de Serviciabilidad (ΔPSI)

$$\Delta PSI = 2.10$$

2.3 · La confiabilidad "R" y la desviación estándar (So)

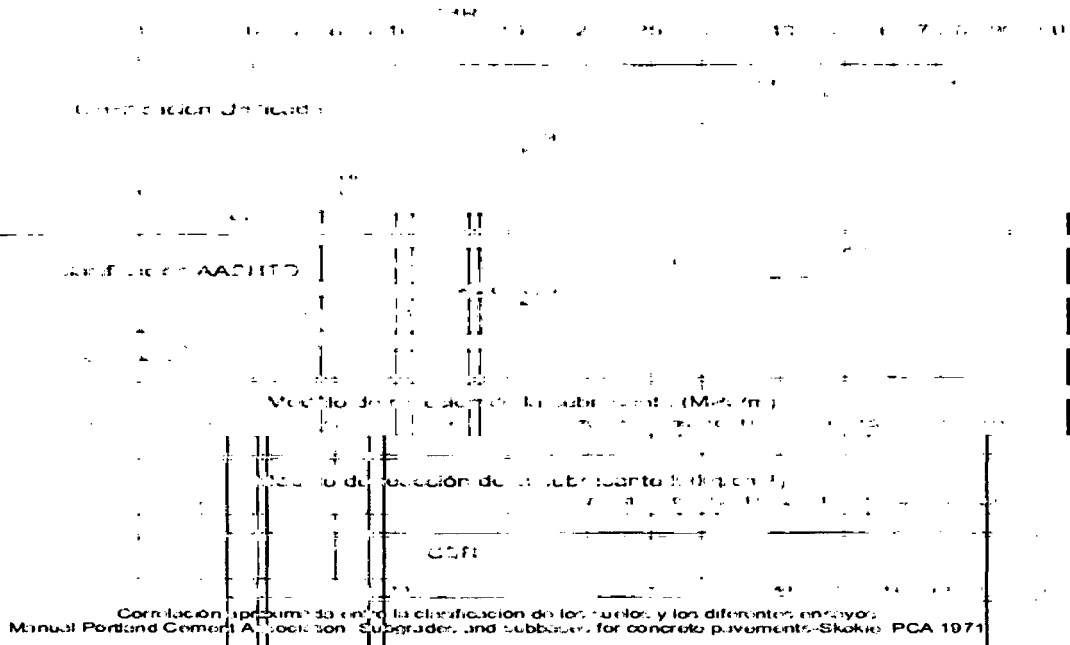
$$R = 65.00\%$$

$$Z_r = -0.385$$

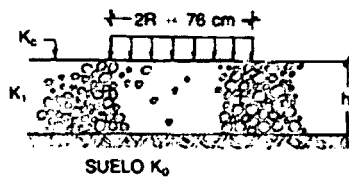
$$S_o = 0.30$$

2.4 · El suelo y el efecto de las capas de apoyo (Kc)

Figura 14.1
Correlación CBR y Módulo de Reacción de la Subrasante



	SUBRASANTE						BASE
	Km 1	Km 2	Km 3	Km 4	Km 5	Promedio	
CBR al 100% MDS	7.48	13.49	9.9	10.63	13.13	10.926	109.3
CBR al 95% MDS	5.5	9.4	6.1	6.3	8.9	7.24	76.6
K (Mpa/m) 100%	49	62	55	56	60	57	220
K (Mpa/m) 95%	42	54	44	45	52	48	185



$$K_c = K_o \sqrt{1 + \left(\frac{h}{38}\right)^2 \times \left(\frac{K_1}{K_o}\right)^{2/3}}$$

K_1 (kg/cm3) : Coeficiente de reacción de la sub base granular

K_c (kg/cm3) : Coeficiente de reacción combinado

K_o (kg/cm3) : Coeficiente de reacción de la subrasante

h : Espesor de la subbase granular

Km 1+000

$$K_o = 52.00 \text{ MPa.} ; K_o = 5.20 \text{ Kg/cm}^3.$$

$$K_1 = 185.00 \text{ MPa.} ; K_1 = 18.50 \text{ Kg/cm}^3.$$

$$h = 15.00 \text{ cm.}$$

$$K_c = 6.07 \text{ Kg/cm}^3.$$

$$K_c = 60.71 \text{ MPa.}$$

2.5 · Resistencia a flexotracción del concreto (MR)- en MPa

$$Mr = a \sqrt{f'c}$$

$$a = 3.00 \quad 1.99 \leq a \leq 3.18$$

$$Mr_{min} = 40.00 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$f'c = 210.00 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$Mr = 43.47 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$Mr = 4.26 \text{ MPa.}$$

2.6 · Módulo elástico del concreto, en MPa

$$E = 57,000x(f'c)^{0.5}; (f'c \text{ en PSI})$$

$$f'c = 210.00 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$f'c = 2986.90 \text{ Psi.}$$

$$E = 3115195.81 \text{ Psi.}$$

$$E = 21478.519 \text{ MPa.}$$

2.7 · Drenaje (Cd)

$$Cd = 1.00$$

2.8 · Transferencia de cargas (J)

$$J = 3.80$$

CÁLCULO DE ESPESOR "D"

$$\text{Log}_{10} W_{82} = Z_R S_o + 7.35 \text{Log}_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \times \text{Log}_{10} \left(\frac{M_r C_{ds} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}}\right)} \right)$$

Donde:

W_{82} = numero previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del periodo de diseño

Z_R = desviación normal estándar

S_o = error estándar combinado en la predicción del transito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento

D = espesor de pavimento de concreto, en milímetros

ΔPSI = diferencia entre los índices de servicio inicial y final

P_t = índice de serviciabilidad o servicio final

M_r = resistencia media del concreto (en Mpa) a flexo tracción a los 28 días (método de carga en los tercios de luz)

C_d = coeficiente de drenaje

J = coeficiente de transmisión de carga en las juntas

E_c = modulo de elasticidad del concreto, en Mpa

K = modulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

Primera iteración

D= 94.14
 4.98858329 = 4.98862379 ΔD1: 0.00%

Segunda iteración

D= 94.14
 4.98858329 = 4.9886232 ΔD2: 0.00%

tercera iteración

D= 94.14
 4.98858329 = 4.98862262 ΔD3: 0.00%

cuarta iteración

D= 94.14
 4.98858329 = 4.98862205 ΔD4: 0.00%

quinta iteración

D= 94.14
 4.98858329 = 4.98862149 ΔD5: 0.00%

sexta iteración

D= 94.14
 4.98858329 = 4.98862093 ΔD6: 0.00%

séptima iteración

D= 94.14
 4.98858329 = 4.98862039 ΔD7: 0.00%

octava iteración

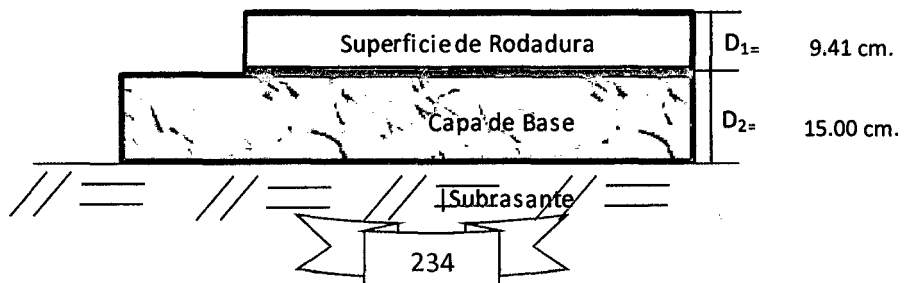
D= 94.14
 4.98858329 = 4.98861985 ΔD8: 0.00%

novena iteración

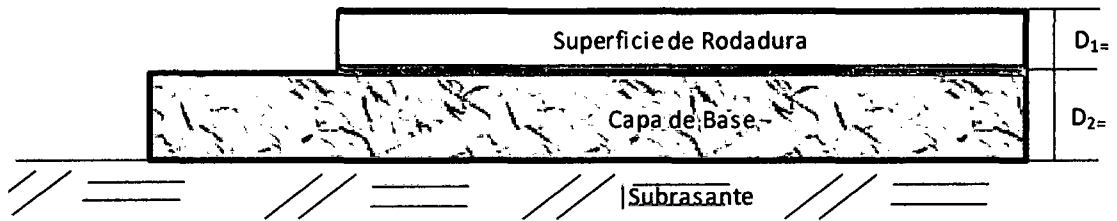
D= 94.14
 4.98858329 = 4.98861932 ΔD9: 0.00%

décima iteración

D= 94.14
 4.98858329 = 4.98861879 ΔD10: 0.00%



Resumen de espesores



Km.	Superficie de Rodadura (D1)	Base (D2)
0+000-1+000	0.10 m.	0.15 m.
1+000-2+000	0.09 m.	0.15 m.
2+000-3+000	0.10 m.	0.15 m.
3+000-4+000	0.10 m.	0.15 m.
4+000-5+000	0.09 m.	0.15 m.

ANEXO N° 5: PRESUPUESTO DE PAVIMENTACIÓN

5.1 PRESUPUESTO PAVIMENTO FLEXIBLE

5.1.1 HOJA DE METRADOS

5.1.2 PRESUPUESTO

5.1.3 RELACIÓN DE INSUMOS

5.1.4 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

5.1.5 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE SUB PARTIDAS

5.1.1 METRADOS

SUSTENTO DE METRADOS

TESIS: "Comparación Cuantitativa y Cualitativa del Pavimento Flexible con el Rígido en la carretera Cufimbuqui-Estero, Provincia de Lamas, Región San Martín"

FECHA marzo-2013

01.01 : MOVILIZACION Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO 1.00 Glb

Descripción	Unidad	Parcial
Movilización y desmovilización	Glb	1.00

* El detalle de la movilización de equipos se encuentra detallado en la hoja adjunta.

1.00 Glb

01.02 : TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION 5.49 Km

Progresiva		Longitud Km
Inicio	Fin	
0+000	0+500	0.500
0+500	1+000	0.500
1+000	1+500	0.500
1+500	2+000	0.500
2+000	2+500	0.500
2+500	3+000	0.500
3+000	3+500	0.500
3+500	4+000	0.500
4+000	4+500	0.500
4+500	5+000	0.500
5+000	5+490	0.490
		5.490

5.49 Km

SUSTENTO DE METRADOS

TESIS: "Comparación Cuantitativa y Cualitativa del Pavimento Flexible con el Rígido en la carretera
Cuñumbuqui-Estero, Provincia de Lamas, Región San Martín"

FECHA marzo-2013

02.01 EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO

Ubicación	N/Elem	Dimensiones			Volumen m ³
		L	A	H	
00+000 - 01+000	01	1,000.00	7.00	0.42	2,940.00
01+000 - 02+000	01	1,000.00	7.00	0.42	2,940.00
02+000 - 03+000	01	1,000.00	7.00	0.42	2,940.00
03+000 - 04+000	01	1,000.00	7.00	0.42	2,940.00
04+000 - 05+000	01	1,000.00	7.00	0.42	2,940.00
05+000 - 05+490	01	1,000.00	7.00	0.42	2,940.00
Total					17,640.00

02.02 EXCAVACION EN ROCA FRACTURADA (SUELTA)

Ubicación	N/Elem	Dimensiones			Volumen m ³
		Vol: Programa Auto Cad Civil 3D			
00+000 - 01+000	01		530.40		530.40
01+000 - 02+000	01		132.41		132.41
02+000 - 03+000	01		929.18		929.18
03+000 - 04+000	01		1,707.54		1,707.54
Total					3,299.53

02.03 PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE EN ZONAS DE CORTE

Ubicación	N/Elem	Area x Lado		Área m ²	
		Izquierdo	Derecho		
Ver Detalle en Planilla de Perfilado y Compactado					
00+000 - 01+000	01	1,592.95	1,719.15	3,312.10	
01+000 - 02+000	01	2,846.33	2,806.68	5,653.00	
02+000 - 03+000	01	2,049.88	2,174.50	4,224.38	
03+000 - 03+948.88	01	1,571.52	1,420.16	2,991.68	
Plazoletas	07			483.00	
Total					16,664.15

02.04 MEJORAMIENTO DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE

Ubicación	N/Elem	Dimensiones			Volumen m ³
		Vol			
Ver Detalle en Planilla de Explanaciones					
00+000 - 01+000	01		3,413.56		3,413.56
01+000 - 02+000	01		695.61		695.61
02+000 - 03+000	01		4,142.77		4,142.77
03+000 - 04+000	01		15,095.26		15,095.26
Total					23,347.19

TESIS: "Comparación Cuantitativa y Cualitativa del Pavimento Flexible con el Rígido en la carretera Cuñumbuqui-Estero, Provincia de Lamas, Región San Martín"

TESISTA: BACH. ING. RICARDO MARTÍN LAYZA MENDIOLA

RESUMEN - ESTRUCTURA ASFALTICA

DESCRIPCION	Unidad	Metrado
03.01 Capa Anticontaminante	m3	39,830.00
03.02 Sub Base Granular	m3	5,764.50
03.03 Base Granular	m3	7,686.00
03.04 Imprimacion Asfáltica	m2	38,430.00
03.05 Riego de Liga	m2	38,430.00
03.06 Pavimento de Concreto Asfaltico en Caliente	m3	2,690.10
Transporte de Asfalto y Petroleo:	Gln	132,179.99
Asfalto Diluido RC - 250	Gln	9,799.65
Asfalto PEN 60/70	Gln	107,604.00
Kerosene Industrial	Gln	1,729.35
Petroleo D - 2	Gln	5,380.20
Petroleo D - 6	Gln	7,666.78

PLANILLA DE METRADOS

TESIS: "Comparación Cuantitativa y Cualitativa del Pavimento Flexible con el Rígido en la carretera Cufimbuqui-Estero, Provincia de Lamas, Región San Martín"

Kilometraje : KM. 0+000.00 al Km. 5+490.00

TESISTA: BACH. ING. RICARDO MARTÍN LAYZA MENDIOLA

03.01 CAPA ANTICONTAMINANTE (M3)

Estaca		Ancho de Doble Via				03.01.			
		CALZADA IZQUIERDA		CALZADA DERECHA		Total Ancho de Via	Area de conformacion	Espesor de Capa Anticontaminante	Volumen de conformacion
Progresiva	Distancia	Berma Izq.	Izq.	Der	Berma der.				
0+000.000		0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.00	0.20	0.00
0+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
0+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
0+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
0+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
0+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
0+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
0+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
0+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
0+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
1+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
1+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
1+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
1+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
1+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
1+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
1+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
1+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
1+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
1+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
2+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
2+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
2+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
2+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
2+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
2+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
2+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
2+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
2+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
2+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
3+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
3+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
3+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
3+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
3+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
3+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00

PLANILLA DE METRADOS

TESIS: "Comparación Cuantitativa y Cualitativa del Pavimento Flexible con el Rígido en la carretera Cufimbuqui-Estero, Provincia de Lamas, Región San Martín"

Kilometraje : KM. 0+000.00 al Km. 5+490.00

TESISTA: BACH. ING. RICARDO MARTÍN LAYZA MENDIOLA

03.01 CAPA ANTICONTAMINANTE (M3)

Estaca		Ancho de Doble Via				03.01.			
		CALZADA IZQUIERDA		CALZADA DERECHA		Total Ancho de Via	Area de conformacion	Espesor de Capa Anticontaminante	Volumen de conformacion
Progresiva	Distancia	Berma Izq.	Izq.	Der	Berma der.				
3+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
3+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
3+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
3+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
4+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
4+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
4+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
4+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
4+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
4+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
4+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
4+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
4+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
4+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
5+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
5+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
5+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
5+300.000	300.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	2100.00	0.20	420.00
5+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.20	140.00
5+490.000	90.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	630.00	0.20	126.00

Total (m2)	39,830.00	Total (m3)	7,966.00
-------------------	------------------	-------------------	-----------------

TESIS: "Comparación Cuantitativa y Cualitativa del Pavimento Flexible con el Rígido en la carretera Cufimbuqui-Estero, Provincia de Lamas, Región San Martín"

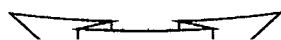
Kilometraje : KM. 0 + 000.00 al Km. 5+490.00

TESISTA: BACH. ING. RICARDO MARTÍN LAYZA MENDIOLA

PLANILLA DE METRADOS

03.02 SUB BASE GRANULAR (M3)

Estaca		Ancho de Doble Via				Ancho Sub Base		03.02.00 Sub Base	
Progresiva	Distancia	CALZADA IZQUIERDA		CALZADA DERECHA		Total Ancho de Via	Espesor (m)	Área de Sub Base	Volumen de Sub Base
		Berma Izq.	Izq.	Der	Berma der.				
0+000.000		0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	
0+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
0+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
0+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
0+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
0+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
0+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
0+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
0+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
0+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
1+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
1+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
1+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
1+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
1+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
1+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
1+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
1+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
1+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
1+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
2+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
2+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
2+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
2+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
2+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
2+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
2+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
2+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
2+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
2+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
3+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
3+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
3+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
3+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
3+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
3+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00



TESIS: "Comparación Cuantitativa y Cualitativa del Pavimento Flexible con el Rígido en la carretera Cufimbuqui-Estero, Provincia de Lamas, Región San Martín"

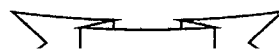
Kilometraje : KM. 0+000.00 al Km. 5+490.00

TESISTA: BACH. ING. RICARDO MARTÍN LAYZA MENDIOLA

PLANILLA DE METRADOS

03.02 SUB BASE GRANULAR (M3)

Estaca		Ancho de Doble Via				Ancho Sub Base		03.02.00 Sub Base	
		CALZADA IZQUIERDA		CALZADA DERECHA		Total Ancho de Via	Espesor (m)	Área de Sub Base	Volumen de Sub Base
Progresiva	Distancia	Berma Izq.	Izq.	Der	Berma der.				
3+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
3+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
3+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
3+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
4+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
4+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
4+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
4+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
4+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
4+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
4+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
4+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
4+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
4+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
5+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
5+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
5+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
5+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
5+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	105.00
5+490.000	90.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.15	1.050	94.50
Total (m3)									5,764.50



PLANILLA DE METRADOS

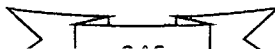
**TESIS: "Comparación Cuantitativa y Cualitativa del Pavimento Flexible con el Rígido en la carretera
Cuñumbuqui-Estero, Provincia de Lamas, Región San Martín"**

Kilometraje : KM. 0 + 000.00 al Km. 5+490.00

TESISTA: BACH. ING. RICARDO MARTÍN LAYZA MENDIOLA

03.03 BASE GRANULAR (M3)

Estaca		Ancho de Doble Via				Ancho Base Granular		03.03 Base Granular	
		CALZADA IZQUIERDA		CALZADA DERECHA		Total Ancho de Via	Espesor (m)	Área de Base	Volumen de Base
Progresiva	Distancia	Berma Izq.	Izq.	Der	Berma der.				
0+000.000		0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	0.00
0+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
0+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
0+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
0+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
0+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
0+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
0+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
0+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
0+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
1+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
1+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
1+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
1+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
1+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
1+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
1+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
1+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
1+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
1+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
2+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
2+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
2+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
2+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
2+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
2+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
2+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
2+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
2+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
2+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
3+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
3+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
3+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
3+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
3+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
3+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00



PLANILLA DE METRADOS

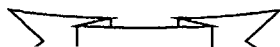
**TESIS: "Comparación Cuantitativa y Cualitativa del Pavimento Flexible con el Rígido en la carretera
Cuñumbuqui-Estero, Provincia de Lamas, Región San Martín"**

Kilometraje : KM. 0 + 000.00 al Km. 5+490.00

TESISTA: BACH. ING. RICARDO MARTÍN LAYZA MENDIOLA

03.03 BASE GRANULAR (M3)

Estaca		Ancho de Doble Via				Ancho Base Granular		03.03 Base Granular	
		CALZADA IZQUIERDA		CALZADA DERECHA		Total Ancho de Via	Espesor (m)	Área de Base	Volumen de Base
Progresiva	Distancia	Berma Izq.	Izq.	Der	Berma der.				
3+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
3+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
3+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
3+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
4+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
4+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
4+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
4+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
4+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
4+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
4+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
4+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
4+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
4+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
5+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
5+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
5+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
5+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
5+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	140.00
5+490.000	90.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.20	1.400	126.00
Total (m3)								7,686.00	



PLANILLA DE METRADOS

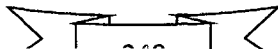
TESIS: "Comparación Cuantitativa y Cualitativa del Pavimento Flexible con el Rígido en la carretera Cufimbuqui-Estero, Provincia de Lamas, Región San Martín"

Kilometraje : KM.0+000.00 al Km. 5+490.00

TESISTA: BACH. ING. RICARDO MARTÍN LAYZA MENDIOLA

03.04 IMPRIMACIÓN (M2)

Estaca		Ancho de Doble Via				03.04 Imprimación		Asfalto Diluido		Aditivo para asfalto		
		CALZADA IZQUIERDA		CALZADA DERECHA								
Progresiva	Distancia	Berma lzq.	lzq.	Der	Berma der.	Total Ancho de Via	Area de Imprimación	Tasa de riego (0.255Gln/m2)	RC - 250	Tasa (0.046 Gln/m2)	kerosene Industrial (Gln)	
0+000.000		0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.00	0.255	0.00	0.045	0.00	
0+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
0+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
0+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
0+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
0+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
0+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
0+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
0+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
0+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
1+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
1+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
1+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
1+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
1+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
1+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
1+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
1+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
1+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
1+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
2+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
2+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
2+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
2+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
2+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
2+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
2+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
2+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
2+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
2+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
3+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
3+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
3+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
3+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
3+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
3+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
3+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
3+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
3+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
3+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
4+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
4+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
4+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
4+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
4+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
4+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
4+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
4+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
4+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
4+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
5+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
5+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
5+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
5+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
5+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
5+490.000	90.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	630.00	0.255	160.65	0.045	28.35	
Total (m2)						38,430.00	Total (Gln)	9,799.65	Total (kg)	1,729.35		



PLANILLA DE METRADOS

TESIS: "Comparación Cuantitativa y Cualitativa del Pavimento Flexible con el Rígido en la carretera Cufumbauqui-Estero, Provincia de Lamas, Región San Martín"

Kilometraje : KM.0+000.00 al Km. 5+490.00

TESISTA: BACH. ING. RICARDO MARTÍN LAYZA MENDIOLA

03.05 RIEGO DE LIGA (M2)

Estaca		Ancho de Doble Via				03.05 RIEGO DE LIGA		Asfalto Diluido		Aditivo para asfalto		
Progresiva	Distancia	CALZADA IZQUIERDA		CALZADA DERECHA		Total Ancho de Via	Area de Imprimación	Tasa de riego (0.265Gn/m2)	RC - 260	Tasa (0.046 Gn/m2)	Kerosene Industrial (Gn)	
		Berma izq.	Izq.	Der	Berma der.							
0+000.000		0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.00	0.255	0.00	0.045	0.00	
0+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
0+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
0+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
0+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
0+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
0+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
0+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
0+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
0+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
1+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
1+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
1+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
1+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
1+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
1+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
1+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
1+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
1+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
1+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
2+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
2+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
2+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
2+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
2+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
2+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
2+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
2+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
2+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
2+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
3+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
3+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
3+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
3+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
3+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
3+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
3+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
3+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
3+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
3+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
4+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
4+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
4+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
4+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
4+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
4+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
4+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
4+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
4+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
4+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
5+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
5+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
5+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
5+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
5+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.255	178.50	0.045	31.50	
5+490.000	90.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	630.00	0.255	160.65	0.045	28.35	
Total (m2)		38,430.00				Total (Gln)		9,799.65		Total (kg)		1,729.35

TESIS: "Comparación Cuantitativa y Cualitativa del Pavimento Flexible con el Rígido en la carretera Cuñumbuqui-Estero, Provincia de Lamas, Región San Martín"
TESISTA: BACH. ING. RICARDO MARTÍN LAYZA MENDIOLA

PLANILLA DE METRADOS

03.06 CARPETA ASFALTICA (M3)

04.07 Transporte de Mezcla Asfáltica Hasta de 1Km

04.08 Transporte de Mezcla Asfáltica Después de 1Km

Estaca		Ancho de Doble Via				Ancho Carpeta		03.06 Carpeta Asfáltica		Asfalto Sólido PEN 60/70		Aditivo para asfalto		PETROLEO (Gln)		Planta Asfalto		Distancia (km)	04.07	04.08
Progressiva	Dist.	CALZADA IZQUIERDA		CALZADA DERECHA		Total Ancho de Via	Esesor (m)	Área de Carpeta	Volumen de Carpeta	Tasa (40Gln/m3)	PEN 60/70 (Gln)	Tasa (0.0193 Kg/Gln)	Ricot Z (Kg)	D-2 (2.0 GLN/M3)	D-6 (2.85 GLN/M3)	Progressiva (mts)	Acceso (mts)		m3-km	m3-km
0+000.000		0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490												
0+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	21.91	49.00	1,024.74
0+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	21.81	49.00	1,019.84
0+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	21.71	49.00	1,014.94
0+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	21.61	49.00	1,010.04
0+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	21.51	49.00	1,005.14
0+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	21.41	49.00	1,000.24
0+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	21.31	49.00	995.34
0+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	21.21	49.00	990.44
0+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	21.11	49.00	985.54
1+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	21.01	49.00	980.64
1+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	20.91	49.00	975.74
1+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	20.81	49.00	970.84
1+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	20.71	49.00	965.94
1+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	20.61	49.00	961.04
1+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	20.51	49.00	956.14
1+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	20.41	49.00	951.24
1+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	20.31	49.00	946.34
1+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	20.21	49.00	941.44
1+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	20.11	49.00	936.54
2+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	20.01	49.00	931.64
2+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	19.91	49.00	926.74
2+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	19.81	49.00	921.84
2+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	19.71	49.00	916.94
2+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	19.61	49.00	912.04
2+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	19.51	49.00	907.14
2+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	19.41	49.00	902.24
2+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	19.31	49.00	897.34
2+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	19.21	49.00	892.44
2+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	19.11	49.00	887.54
3+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	19.01	49.00	882.64
3+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	18.91	49.00	877.74
3+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	18.81	49.00	872.84
3+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	18.71	49.00	867.94
3+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	18.61	49.00	863.04
3+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	18.51	49.00	858.14

TESIS: "Comparación Cuantitativa y Cualitativa del Pavimento Flexible con el Rígido en la carretera Cuñumbuqui-Estero, Provincia de Lamas, Región San Martín"
 TESISTA: BACH. ING. RICARDO MARTÍN LAYZA MENDIOLA

PLANILLA DE METRADOS

04.07 Transporte de Mezcla Asfáltica Hasta de 1Km
04.08 Transporte de Mezcla Asfáltica Después de 1Km

03.06 CARPETA ASFALTICA (M3)

Estaca		Ancho de Doble Via				Ancho Carpeta		03.06 Carpeta Asfáltica		Asfalto Sólido PEN 60/70		Aditivo para asfalto		PETROLEO (Gln)		Planta Asfalto		Distancia (km)	04.07 m3-km	04.08 m3-km
		CALZADA IZQUIERDA		CALZADA DERECHA		Total Ancho de Via	Espesor (m)	Área de Carpeta	Volumen de Carpeta	Tasa (40Gln/m3)	PEN 60/70 (Gln)	Tasa (0.0193 Kg/Gln)	Ricot 2 (Kg)	D-2 (2.0 GLN/M3)	D-6 (2.85 GLN/M3)	Progresiva (mts)	Acceso (mts)			
Progresiva	Dist.	Berma Izq.	Izq.	Der	Berma der.															
3+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	18.41	49.00	853.24
3+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	18.31	49.00	848.34
3+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	18.21	49.00	843.44
3+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	18.11	49.00	838.54
4+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	18.01	49.00	833.64
4+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	17.91	49.00	828.74
4+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	17.81	49.00	823.84
4+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	17.71	49.00	818.94
4+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	17.61	49.00	814.04
4+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	17.51	49.00	809.14
4+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	17.41	49.00	804.24
4+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	17.31	49.00	799.34
4+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	17.21	49.00	794.44
4+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	49.00	40.00	1960.00	0.0193	37.83	98.00	139.65	21,063.00	900.00	17.11	49.00	789.54
5+490.000	590.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.07	0.490	289.10	40.00	11564.00	0.0193	223.19	578.20	823.94	21,063.00	900.00	16.77	289.10	4,558.53
Total (m3)		2,890.10		Total (Gln)		107,604.00		Total (Kg)		2,076.76		5,380.20		7,866.79		2,890.10		49,008.39		

Sustento de metrados de transporte de Base Granular

- 04.01 TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR HASTA 1 KM
- 04.02 TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR D> 1 KM

7,539.18 m ³ -km
59,331.90 m ³ -km

INICIO (km)	FIN (km)	Código Cantera	Ubicación de Canteras (km)	Participación %	Acceso (km)	D.L.P. 120.00 m (km)	Distancia (km)	PAVIMENTOS					Momento (m ³ -km)	D<=1km (m ³ -km)	D>1km (m ³ -km)
								Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Espesor (m)	Volumen (m ³)			
BASE GRANULAR e=0.20 m.															
Cantera Maceda (20%+40%+30%)															
0+000.00	0+500.00	c-1	-	90.00%	6.80	0.12	6.93	500.00	7.00	3,500.00	0.20	630.00	4,365.90	630.00	3,735.90
0+500.00	1+000.00	c-1	-	90.00%	6.80	0.12	7.43	500.00	7.00	3,500.00	0.20	630.00	4,680.90	630.00	4,050.90
1+000.00	2+000.00	c-1	-	90.00%	6.80	0.12	8.18	1,000.00	7.00	7,000.00	0.20	1,260.00	10,306.80	1,260.00	9,046.80
2+000.00	4+000.00	c-1	-	90.00%	6.80	0.12	9.68	2,000.00	7.00	14,000.00	0.20	2,520.00	24,393.60	2,520.00	21,873.60
4+000.00	5+000.00	c-1	-	90.00%	6.80	0.12	11.18	1,000.00	7.00	7,000.00	0.20	1,260.00	14,086.80	1,260.00	12,826.80
5+000.00	5+490.00	c-1	-	90.00%	6.80	0.12	11.93	490.00	7.00	3,430.00	0.20	617.40	7,362.50	617.40	6,745.10
Cantera Cerro (10%)															
0+000.00	0+500.00	c-2	5.00	10.00%	-	0.12	4.63	500.00	7.00	3,500.00	0.20	70.00	324.10	70.00	254.10
0+500.00	1+000.00	c-2	5.00	10.00%	-	0.12	4.13	500.00	7.00	3,500.00	0.20	70.00	289.10	70.00	219.10
1+000.00	2+000.00	c-2	5.00	10.00%	-	0.12	3.38	1,000.00	7.00	7,000.00	0.20	140.00	473.20	140.00	333.20
2+000.00	4+000.00	c-2	5.00	10.00%	-	0.12	1.88	2,000.00	7.00	14,000.00	0.20	280.00	526.40	280.00	246.40
4+000.00	5+000.00	c-2	5.00	10.00%	-	0.12	0.38	1,000.00	7.00	7,000.00	0.20	140.00	53.20	53.20	-
5+000.00	5+490.00	c-2	5.00	10.00%	-	0.12	0.13	490.00	7.00	3,430.00	0.20	68.60	8.58	8.58	-
LONGITUD TOTAL DE AFIRMADO								5,490.00				7,686.00	66,871.08	7,539.18	59,331.90

Dist.Medía (km):	8.70
-------------------------	-------------

Sustento de metrados de transporte de Sub Base Granular

04.03 TRANSPORTE DE MATERIALES PARA SUB BASE GRANULAR HASTA 1 KM
 04.04 TRANSPORTE DE MATERIALES PARA SUB BASE GRANULAR A MAS DE 1 KM

5,544.26 m³-km
40,431.93 m³-km

INICIO (km)	FIN (km)	Código Cantera	Ubicación de Canteras (km)	Participación %	Acceso (km)	D.L.P. 120.00 m (km)	Distancia (km)	PAVIMENTOS							
								Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Espesor (m)	Volumen (m ³)	Momento (m ³ -km)	D≤1km (m ³ -km)	D>1km (m ³ -km)
Sub Base Granular e=0.15 m.															
Cantera Maceda (20%+30%+30%)															
0+000.00	0+500.00	c-1	-	80.00%	6.80	0.12	6.93	500.00	7.00	3,500.00	0.15	420.00	2,910.60	420.00	2,490.60
0+500.00	1+000.00	c-1	-	80.00%	6.80	0.12	7.43	500.00	7.00	3,500.00	0.15	420.00	3,120.60	420.00	2,700.60
1+000.00	2+000.00	c-1	-	80.00%	6.80	0.12	8.18	1,000.00	7.00	7,000.00	0.15	840.00	6,871.20	840.00	6,031.20
2+000.00	4+000.00	c-1	-	80.00%	6.80	0.12	9.68	2,000.00	7.00	14,000.00	0.15	1,680.00	16,262.40	1,680.00	14,582.40
4+000.00	5+000.00	c-1	-	80.00%	6.80	0.12	11.18	1,000.00	7.00	7,000.00	0.15	840.00	9,391.20	840.00	8,551.20
5+000.00	5+490.00	c-1	-	80.00%	6.80	0.12	11.93	490.00	7.00	3,430.00	0.15	411.60	4,908.33	411.60	4,496.73
Cantera Cerro (20%)															
0+000.00	0+500.00	c-2	5.00	20.00%	-	0.12	4.63	500.00	7.00	3,500.00	0.15	105.00	486.15	105.00	381.15
0+500.00	1+000.00	c-2	5.00	20.00%	-	0.12	4.13	500.00	7.00	3,500.00	0.15	105.00	433.65	105.00	328.65
1+000.00	2+000.00	c-2	5.00	20.00%	-	0.12	3.38	1,000.00	7.00	7,000.00	0.15	210.00	709.80	210.00	499.80
2+000.00	4+000.00	c-2	5.00	20.00%	-	0.12	1.88	2,000.00	7.00	14,000.00	0.15	420.00	789.60	420.00	369.60
4+000.00	5+000.00	c-2	5.00	20.00%	-	0.12	0.38	1,000.00	7.00	7,000.00	0.15	210.00	79.80	79.80	-
5+000.00	5+490.00	c-2	5.00	20.00%	-	0.12	0.13	490.00	7.00	3,430.00	0.15	102.90	12.86	12.86	-
LONGITUD TOTAL DE AFIRMADO								5,490.00				5,764.50	45,976.19	5,544.26	40,431.93

Dist.Medía (km): 7.98

Sustento de metrados de transporte de Agua para Base y Subbase

INICIO (km)	FIN (km)	Código Cantera	Ubicación de Fuentes de Agua (km)	Participación %	Acceso (km)	D.L.P. 120.00 m (km)	Distancia (km)	PAVIMENTOS								
								Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	SA (m ²)	Espesor (m)	Volumen (m ³)	Momento (m ³ -km)	D<=1km (m ³ -km)	D>1km (m ³ -km)
0+000.00	0+500.00	F-1	3.20	10.00%	-	0.12	2.83	500.00	7.00	3,500.00	0.00	0.20	70.00	198.10	70.00	128.10
0+500.00	1+000.00	F-1	3.20	10.00%	-	0.12	2.33	500.00	7.00	3,500.00	0.00	0.20	70.00	163.10	70.00	93.10
1+000.00	2+000.00	F-1	3.20	10.00%	-	0.12	1.58	1,000.00	7.00	7,000.00	0.00	0.20	140.00	221.20	140.00	81.20
2+000.00	4+000.00	F-1	3.20	10.00%	-	0.12	0.08	2,000.00	7.00	14,000.00	0.00	0.20	280.00	22.40	22.40	-
4+000.00	5+000.00	F-1	3.20	10.00%	-	0.12	1.18	1,000.00	7.00	7,000.00	0.00	0.20	140.00	165.20	140.00	25.20
5+000.00	5+490.00	F-1	3.20	10.00%	-	0.12	1.93	490.00	7.00	3,430.00	0.00	0.20	68.60	132.06	68.60	63.46
LONGITUD TOTAL DE AFIRMADO								5,490.00					768.60	902.06	511.00	391.06

Dist.Medía (km): 1.17

Sustento de metrados de transporte de Material Excedente

04.05 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 1 KM
 04.06 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D> 1 KM

18,882.43 m³-km
 19,723.34 m³-km

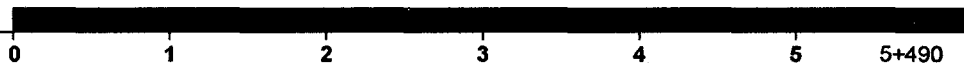
INICIO (km)	FIN (km)	Código Cantera	Ubicación de Canteras (km)	Participación %	Acceso (km)	D.L.P. 120.00 m (km)	Distancia (km)	PAVIMENTOS				Momento (m ³ -km)	D≤1km (m ³ -km)	D>1km (m ³ -km)	
								Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Espesor (m)				Volumen (m ³)
EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO															
DME KM 4+000															
0+000.00	0+500.00	c-1	4.00	100.00%	0.50	0.12	4.13	500.00	7.00	3,500.00	0.42	1,470.00	6,071.10	1,470.00	4,601.10
0+500.00	1+000.00	c-1	4.00	100.00%	0.50	0.12	3.63	500.00	7.00	3,500.00	0.42	1,470.00	5,336.10	1,470.00	3,866.10
1+000.00	2+000.00	c-1	4.00	100.00%	0.50	0.12	2.88	1,000.00	7.00	7,000.00	0.42	2,940.00	8,467.20	2,940.00	5,527.20
2+000.00	4+000.00	c-1	4.00	100.00%	0.50	0.12	1.38	2,000.00	7.00	14,000.00	0.42	5,880.00	8,114.40	5,880.00	2,234.40
4+000.00	5+000.00	c-1	4.00	100.00%	0.50	0.12	0.88	1,000.00	7.00	7,000.00	0.42	2,940.00	2,587.20	2,587.20	-
5+000.00	5+490.00	c-1	4.00	100.00%	0.50	0.12	1.63	490.00	7.00	3,430.00	0.42	1,440.60	2,340.98	1,440.60	900.38

EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO															
DME KM 4+000															
0+000.00	1+000.00	c-1	4.00	100.00%	0.50	0.12	3.88					530.40	2,057.95	530.40	1,527.55
1+000.00	2+000.00	c-1	4.00	100.00%	0.50	0.12	2.88					132.41	381.34	132.41	248.93
2+000.00	3+000.00	c-1	4.00	100.00%	0.50	0.12	1.88					929.18	1,746.86	929.18	817.68
3+000.00	4+000.00	c-1	4.00	100.00%	0.50	0.12	0.88					1,707.54	1,502.64	1,502.64	-
4+000.00	5+000.00	c-1	4.00	100.00%	0.50	0.12	0.88					0.00	-	-	-
5+000.00	5+490.00	c-1	4.00	100.00%	0.50	0.12	1.63					0.00	-	-	-
LONGTUD TOTAL DE AFIRMADO								0.00				19,440.13	38,605.77	18,882.43	19,723.34

Dist.Med. (km): 1.99

DIAGRAMA DE CANTERAS

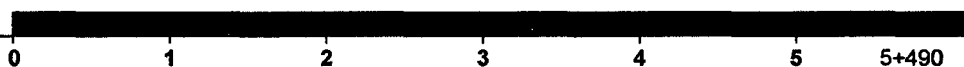
Cantera Maceda
C-1
a= 6.80 km



Cantera Cerro
C-2
Km 5+000
a= 0.00 km



Cantera Cumbaza
C-3
a= 39.10 km



Cantera Puerto López
C-4
a= 60.30 km



 PAVIMENTACION

CÁLCULO DE RENDIMIENTOS DE TRANSPORTES

PARTIDA - INSUMO **TRANSPORTE DE MATERIAL BASE GRANULAR DE CANTERA <= 1.00 KM**
 Unidad M3-KM
 Rendimiento **353.30 M3/DIA**

DATOS GENERALES

Velocidad Cargado		25.00	km/hr
Velocidad Descargado		30.00	km/hr
Tiempo de Viaje Cargado	(Tc)	2.4 x d	
Tiempo de Viaje Descargado	(Td)	2 x d	
Volumen de la Tolva del Volquete	(a)	15.00	m3
Distancia de transporte		1.00	km

CALCULO DE RENDIMIENTOS

Tiempo de Carguío al Volquete	Tcv	8.89 min
Tiempo de Descarga del Volquete	Tdv	2.00 min
Tiempo Útil : 8 hrs. x 90.00%	(b)	432 min

Tiempo de Ciclo del Volquete $T_{ciclo} = T_{cv} + T_{dv} + T_c + T_d$ 10.89 + 4.40 x d

Para d= 1.00 km, Ciclo=	(c)	15.29 min
Numero de ciclos	(d) = (b) / (c)	28.26
Volumen Transportado por el Volquete	(e) = (a) x (d)	423.9 m3/día
Cargador s/llantas 125-155HP, 3 y3		Rend = 810.00 m3/día

RENDIMIENTO PARA UNA DISTANCIA "d" : d = 1.00 Km Esponjamiento= 1.20
Rendimiento = 353.25 m3

PARTIDA - INSUMO **TRANSPORTE DE MATERIAL BASE GRANULAR DE CANTERA > 1.00 KM**
 Unidad M3-KM
 Rendimiento **1,227.30 M3/DIA**

DATOS GENERALES

Velocidad Cargado		25.00	km/hr
Velocidad Descargado		30.00	km/hr
Tiempo de Viaje Cargado	(Tc)	2.4 x d	
Tiempo de Viaje Descargado	(Td)	2 x d	
Volumen de la Tolva del Volquete	(a)	15.00	m3
Distancia de transporte		1.00	km

CALCULO DE RENDIMIENTOS

Tiempo Útil : 8 hrs. x 90.00%	(b)	432 min
Tiempo de Ciclo del Volquete	$T_{ciclo} = T_c + T_d$	4.40 x d

Para d= 1.00 km, Ciclo=	(c)	4.40 min
Numero de ciclos	(d) = (b) / (c)	98.18
Volumen Transportado por el Volquete	(e) = (a) x (d)	1472.7 m3/día
Cargador s/llantas 125-155HP, 3 y3		Rend = 810.00 m3/día

RENDIMIENTO PARA UNA DISTANCIA "d" : d = 1.00 Km Esponjamiento= 1.20
Rendimiento = 1227.25 m3

CÁLCULO DE RENDIMIENTOS DE TRANSPORTES

PARTIDA - INSUMO	TRANSPORTE DE MATERIAL SUB BASE GRANULAR DE CANTERA <= 1.00 KM	
Unidad	M3-KM	
Rendimiento	353.30 M3/DIA	
DATOS GENERALES		
Velocidad Cargado		25.00 km/hr
Velocidad Descargado		30.00 km/hr
Tiempo de Viaje Cargado	(Tc)	2.4 x d
Tiempo de Viaje Descargado	(Td)	2 x d
Volumen de la Tolva del Volquete	(a)	15.00 m3
Distancia de transporte		1.00 km
CALCULO DE RENDIMIENTOS		
Tiempo de Carguío al Volquete	Tcv	8.89 min
Tiempo de Descarga del Volquete	Tdv	2.00 min
Tiempo Útil : 8 hrs. x 90.00%	(b)	432 min
Tiempo de Ciclo del Volquete	$T_{ciclo} = T_{cv} + T_{dv} + T_c + T_d$	10.89 + 4.40 x d
Para d= 1.00 km, Ciclo=	(c)	15.29 min
Numero de ciclos	(d) = (b) / (c)	28.26
Volumen Transportado por el Volquete	(e) = (a) x (d)	423.9 m3/día
Cargador s/llantas 125-155HP, 3 y3		Rend = 810.00 m3/día
RENDIMIENTO PARA UNA DISTANCIA "d" :	d = 1.00 Km	Esponjamiento= 1.20
	Rendimiento =	353.25 m3

PARTIDA - INSUMO	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR DE CANTERA > 1.00 KM	
Unidad	M3-KM	
Rendimiento	1,227.30 M3/DIA	
DATOS GENERALES		
Velocidad Cargado		25.00 km/hr
Velocidad Descargado		30.00 km/hr
Tiempo de Viaje Cargado	(Tc)	2.4 x d
Tiempo de Viaje Descargado	(Td)	2 x d
Volumen de la Tolva del Volquete	(a)	15.00 m3
Distancia de transporte		1.00 km
CALCULO DE RENDIMIENTOS		
Tiempo Útil : 8 hrs. x 90.00%	(b)	432 min
Tiempo de Ciclo del Volquete	$T_{ciclo} = T_c + T_d$	4.40 x d
Para d= 1.00 km, Ciclo=	(c)	4.40 min
Numero de ciclos	(d) = (b) / (c)	98.18
Volumen Transportado por el Volquete	(e) = (a) x (d)	1472.7 m3/día
Cargador s/llantas 125-155HP, 3 y3		Rend = 810.00 m3/día
RENDIMIENTO PARA UNA DISTANCIA "d" :	d = 1.00 Km	Esponjamiento= 1.20
	Rendimiento =	1227.25 m3

CÁLCULO DE RENDIMIENTOS DE TRANSPORTES

PARTIDA - INSUMO

TRANSPORTE DE AGUA PARA BASE Y SUB BASE

Unidad

M3

Rendimiento

81.50 M3/DIA

DATOS GENERALES

Velocidad Cargado		25.00 km/hr
Velocidad Descargado		30.00 km/hr
Tiempo de Viaje Cargado	(Tc)	2.4 x d
Tiempo de Viaje Descargado	(Td)	2 x d
Capacidad de la Cisterna del Camión	(a)	2000.00 gal
Distancia de transporte		1.17 km

CALCULO DE RENDIMIENTOS

Tiempo de Llenado	Tcv	10.00 min
Tiempo de Vaciado	Tdv	25.00 min
Tiempo Útil : 8 hrs. x 90.00%	(b)	432 min
Tiempo de Ciclo del Volquete	Tciclo = Tcv+Tdv+Tc+Td	35 + 4.40 x d
Para d = 1.17 Km, Ciclo =	(c)	40.16 min
Numero de ciclos	(d) = (b) / (c)	10.76
Volumen Transportado por la Cisterna	(e) = (a) x (d)	81.45 m3/dia

RENDIMIENTO PARA UNA DISTANCIA "d" : d = 1.17 Km

Rendimiento = **81.45 m3**

5.1.2 PRESUPUESTO

PRESUPUESTO DE PAVIMENTACION CON CEMENTO ASFALTICO 60/70

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PRELIMINARES				30,980.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO	glb	1.00	20,000.00	20,000.00
01.02	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION	km	5.49	2,000.00	10,980.00
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				436,505.47
02.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3	17,640.00	6.81	120,128.40
02.02	EXCAVACION EN ROCA FRACTURADA (SUELTA)	m3	3,299.53	16.70	55,102.15
02.03	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONAS DE CORTE	m2	16,664.15	6.46	107,650.41
02.04	MEJORAMIENTO DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE	m2	23,347.19	6.58	153,624.51
03	PAVIMENTOS				2,111,676.18
03.01	CAPA ANTICONTAMINANTE	m3	7,966.00	10.45	83,244.70
03.02	SUB BASE GRANULAR	m3	5,764.50	44.08	254,099.16
03.03	BASE GRANULAR	m3	7,686.00	47.92	368,313.12
03.04	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	38,430.00	5.73	220,203.90
03.05	RIEGO DE LIGA	m2	38,430.00	5.76	221,356.80
03.06	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO EN CALIENTE	m3	1,921.50	501.93	964,458.50
04	TRANSPORTE				486,025.73
04.01	TRANSPORTE DE MATERIALES PARA BASE GRANULAR ENTRE 120 M. Y 1000 M	m3k	7,539.18	6.14	46,290.57
04.02	TRANSPORTE DE MATERIALES PARA BASE GRANULAR A MAS DE 1000 M	m3k	59,331.90	1.77	105,017.46
04.03	TRANSPORTE DE MATERIALES PARA SUB BASE GRANULAR ENTRE 120 M. Y 1000 M	m3k	5,544.26	6.14	34,041.76
04.04	TRANSPORTE DE MATERIALES PARA SUB BASE GRANULAR A MAS DE 1000 M	m3k	40,431.93	1.77	71,564.52
04.05	TRANSPORTE DE MATERIALES EXCEDENTES ENTRE 120 M. Y 1000 M.	m3k	18,882.43	6.14	115,938.12
04.06	TRANSPORTE DE MATERIALES EXCEDENTES A MAS DE 1000 M.	m3k	19,723.34	1.77	34,910.31
04.07	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA HASTA 1000 M.	m3k	2,690.00	9.60	25,824.00
04.08	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA A MAS DE 1000 M.	m3k	49,008.40	1.07	52,438.99

Costo Directo

3,065,187.38

SON : TRES MILLONES SESENTICINCO MIL CIENTO OCHENTISIETE Y 38/100 NUEVOS SOLES

5.1.3 RELACIÓN DE INSUMOS

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra **0201001** **COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO, PROVINCIA DE LAMAS, REGIÓN SAN MARTIN**

Subpresupuesto **001** **PRESUPUESTO DE PAVIMENTACION CON CEMENTO ASFALTICO 60/70**

Fecha **19/10/2012**

Lugar **220505**

SAN MARTIN - LAMAS - CUÑUMBUQUI

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
--------	---------	--------	----------	------------	-------------

MANO DE OBRA

0101010002	CAPATAZ	hh	924.8653	19.30	17,849.90
0101010003	OPERARIO	hh	557.6041	16.08	8,966.27
0101010004	OFICIAL	hh	1,755.3110	13.79	24,205.74
0101010005	PEON	hh	11,047.4459	12.43	137,319.75
0101030008	CONTROLADOR	hh	285.8059	18.49	5,284.55

193,626.21

MATERIALES

0201040001	PETROLEO D-2	gal	25,231.2165	15.00	378,468.25
0201040002	KEROSENE INDUSTRIAL	gal	3,458.7000	13.00	44,963.10
02010500010001	ASFALTO RC-250	gal	19,599.3000	18.00	352,787.40
0207010011	PIEDRA	m3	1,376.3705	23.72	32,647.51
0207040001	MATERIAL GRANULAR	m3	37,575.8280	3.00	112,727.48
0207040002	PREPARACION DE MATERIAL SUB BASE GRANULAR	m3	6,917.4000	30.00	207,522.00
0207040003	PREPARACION DE MATERIAL BASE GRANULAR	m3	9,223.2000	30.00	276,696.00
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3	31,813.1145	1.00	31,813.11
02221200010003	LUBRICANTES, GRASAS Y FILTROS	%eq			146,735.58
0255100003	MECHA LENTA	m	1,979.7180	0.48	950.26
0255100007	DINAMITA	kg	296.9577	7.25	2,152.94
0255100008	FULMINANTE	und	1,979.7180	0.48	950.26
0279010048	DERECHO DE EXTRACCION	m3	1,481.2844	0.50	740.64
0290230060	BARRENO	und	7.9189	780.43	6,180.15
0291010006	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO	gib	1.0000	20,000.0	20,000.00
0291010007	TOPOGRAFÍA Y GEOREFERENCIACIÓN	km	5.4900	2,000.00	10,980.00

1,626,314.68

EQUIPOS

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			7,095.78
03010400030005	MOTOBOMBA 10 HP 4"	hm	52.4572	25.00	1,311.43
03011000040001	RODILLO NEUMATICO AUTOPREPULSADO 5.5 - 20 ton	hm	253.8302	75.00	19,037.27
03011000060003	RODIL LISO VIBRTOR AUTO P7-9TN -70-100HP	hm	988.7294	78.94	78,050.30
03011000060004	RODIL PAT DE CABR VIBRAT AUT P8-10TN -84 HP	hm	518.2551	53.40	27,674.82
03011400020005	MARTILLO NEUMATICO 25-29 kg sin punta	hm	224.3680	12.20	2,737.29

03011400060003	COMPRESORA NEUMATICA 250 - 330 PCM - 87 HP	hm	112.1840	74.45	8,352.10
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	147.9555	172.00	25,448.35
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 100-115 HP 2-2.25yd3	hm	1,554.2425	127.00	197,388.80
03011800010002	TRACTOR DE TIRO DE 80 HP	hm	111.4470	65.00	7,244.06
0301180002	TRACTOR DE ORUGAS	hm	676.6640	170.00	115,032.88
03011800020001	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	23.8266	254.00	6,051.96
0301180003	TRACTOR BULLD. 125 HP	hm	26.3962	150.00	3,959.43
0301200002	MOTONIVELADORA 125 HP.	hm	907.8342	140.00	127,096.79
0301220004	CAMION VOLQUETE	hm	392.0672	120.00	47,048.06
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1,714.2953	120.00	205,715.44
03012200080002	CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1,800 gl	hm	111.4470	175.00	19,503.23
0301220009	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 122 HP.	hm	26.9010	120.00	3,228.12
0301220010	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2000 GAL.	hm	275.5431	130.00	35,820.60
03012500010004	GRUPO ELECTROGENO DE 150 KW.	hm	133.1600	44.00	5,859.04
03012500010009	GRUPO ELECTROGENO DE 50 KW.	hm	55.1471	13.00	716.91
03013900020001	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 69 HP	hm	80.8952	110.00	8,898.47
03013900030001	PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE M.E. 50,65 - 115 ton/h	hm	133.1600	2,000.00	266,320.00
03013900050001	BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7 P.LONG.	hm	111.4470	43.02	4,794.45
0301390009	CALENTADOR DE ACEITE 5 HP 463 P3	hm	133.1600	25.00	3,329.00
03014000010002	CHANCADORA PRIMARIA SECUNDARIA 5 FAJAS 75 HP	hm	55.1471	173.00	9,540.45
0301400003	SECADORA DE ARIDOS	hm	133.1600	55.00	7,323.80
0301400005	ZARANDA MECANICA	hm	55.1471	20.00	1,102.94
					1,245,681.77
Total				SI.	3,065,622.66

5.1.4 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

Análisis de precios unitarios

Partida	01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO						
Rendimiento	glb/DIA		EQ.		Costo unitario directo por : glb		20,000.00	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Materiales							
0291010006	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO		glb		1.0000	20,000.00	20,000.00 20,000.00	
Partida	01.02	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION						
Rendimiento	km/DIA		EQ.		Costo unitario directo por : km		2,000.00	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Materiales							
0291010007	TOPOGRAFÍA Y GEOREFERENCIACIÓN		km		1.0000	2,000.00	2,000.00 2,000.00	
Partida	02.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO						
Rendimiento	m3/DIA	250.0000	EQ.	250.0000	Costo unitario directo por : m3		6.81	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0032	19.30	0.06	
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0320	13.79	0.44	
0101010005	PEON		hh	2.0000	0.0640	12.43	0.80 1.30	
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	1.30	0.07	
0301180002	TRACTOR DE ORUGAS		hm	1.0000	-0.0320	170.00	5.44 5.51	
Partida	02.02	EXCAVACION EN ROCA FRACTURADA (SUELTA)						
Rendimiento	m3/DIA	250.0000	EQ.	250.0000	Costo unitario directo por : m3		16.70	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.6000	0.0192	19.30	0.37	
0101010003	OPERARIO		hh	0.5000	0.0160	16.08	0.26	
0101010004	OFICIAL		hh	2.0000	0.0640	13.79	0.88	
0101010005	PEON		hh	4.0000	0.1280	12.43	1.59 3.10	
	Materiales							
0255100003	MECHA LENTA		m		0.6000	0.48	0.29	
0255100007	DINAMITA		kg		0.0900	7.25	0.65	
0255100008	FULMINANTE		und		0.6000	0.48	0.29	
0290230060	BARRENO		und		0.0024	780.43	1.87 3.10	

Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	3.10	0.16
03011400020005	MARTILLO NEUMATICO 25-29 kg sin punta	hm	2.1250	0.0680	12.20	0.83
03011400060003	COMPRESORA NEUMATICA 250 - 330 PCM - 87 HP	hm	1.0625	0.0340	74.45	2.53
0301180002	TRACTOR DE ORUGAS	hm	1.0625	0.0340	170.00	5.78
0301180003	TRACTOR BULLD. 125 HP	hm	0.2500	0.0080	150.00	1.20
						10.50

Partida **02.03** **PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONAS DE CORTE**

Rendimiento **m2/DIA** **2,700.0000** EQ. **2,700.0000** Costo unitario directo por : m2 **6.46**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0030	16.08	0.05
0101010005	PEON	hh	5.0000	0.0148	12.43	0.18
						0.23
Materiales						
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0300	1.00	0.03
						0.03
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.23	0.01
03011000060003	RODIL LISO VIBRTOR AUTO P7-9TN -70-100HP	hm	6.9863	0.0207	78.94	1.63
03011000060004	RODIL PAT DE CABR VIBRAT AUT P8-10TN -84 HP	hm	10.4963	0.0311	53.40	1.66
0301200002	MOTONIVELADORA 125 HP.	hm	6.9863	0.0207	140.00	2.90
						6.20

Partida **02.04** **MEJORAMIENTO DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE**

Rendimiento **m2/DIA** **1,330.0000** EQ. **1,330.0000** Costo unitario directo por : m2 **6.58**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.5108	0.0031	19.30	0.06
0101010005	PEON	hh	6.0155	0.0362	12.43	0.45
0101030008	CONTROLADOR	hh	1.0215	0.0061	18.49	0.11
						0.62
Materiales						
0207040001	MATERIAL GRANULAR	m3		1.2000	3.00	3.60
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		1.0000	1.00	1.00
						4.60
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.62	0.03
03011000060003	RODIL LISO VIBRTOR AUTO P7-9TN -70-100HP	hm	1.0215	0.0061	78.94	0.48
0301200002	MOTONIVELADORA 125 HP.	hm	1.0215	0.0061	140.00	0.85
						1.36

Partida	03.01	CAPA ANTICONTAMINANTE					
Rendimiento	m3/DIA	454.0000	EQ.	454.0000	Costo unitario directo por : m3	10.45	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.5108	0.0090	19.30	0.17	
0101010005	PEON	hh	6.0155	0.1060	12.43	1.32	
0101030008	CONTROLADOR	hh	1.0215	0.0180	18.49	0.33	
							1.82
	Materiales						
0207040001	MATERIAL GRANULAR	m3		1.2000	3.00	3.60	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		1.0000	1.00	1.00	
							4.60
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.82	0.09	
03011000060003	RODIL LISO VIBRTOR AUTO P7-9TN -70-100HP	hm	1.0215	0.0180	78.94	1.42	
0301200002	MOTONIVELADORA 125 HP.	hm	1.0215	0.0180	140.00	2.52	
							4.03
Partida	03.02	SUB BASE GRANULAR					
Rendimiento	m3/DIA	450.0000	EQ.	450.0000	Costo unitario directo por : m3	44.08	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0178	19.30	0.34	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0178	13.79	0.25	
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0711	12.43	0.88	
							1.47
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.47	0.04	
03011000060003	RODIL LISO VIBRTOR AUTO P7-9TN -70-100HP	hm	1.0000	0.0178	78.94	1.41	
0301200002	MOTONIVELADORA 125 HP.	hm	1.0000	0.0178	140.00	2.49	
0301220010	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2000 GAL.	hm	1.0000	0.0178	130.00	2.31	
							6.25
	Subpartidas						
010304021102	PREPARACION DE MAT. SUB. BASE GRANULAR	m3		1.2000	30.00	36.00	
010318010103	AGUA PARA SUB BASE	m3		0.1000	3.60	0.36	
							36.36
Partida	03.03	BASE GRANULAR					
Rendimiento	m3/DIA	355.0000	EQ.	355.0000	Costo unitario directo por : m3	47.92	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0225	19.30	0.43	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0225	13.79	0.31	
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0901	12.43	1.12	
							1.86
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		6.0000	1.86	0.11	

03011000040001	RODILLO NEUMATICO AUTOPREPULSADO 5.5 - 20 ton	hm	1.0000	0.0225	75.00	1.69
03011000060003	RODIL LISO VIBRTOR AUTO P7-9TN -70-100HP	hm	1.0065	0.0227	78.94	1.79
0301200002	MOTONIVELADORA 125 HP.	hm	1.0060	0.0227	140.00	3.18
0301220010	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2000 GAL.	hm	1.0000	0.0225	130.00	2.93
						9.70

Subpartidas

010304021103	PREPARACION DE MAT. BASE GRANULAR	m3		1.2000	30.00	36.00
010318010102	AGUA PARA BASE	m3		0.1000	3.60	0.36
						36.36

Partida 03.04 IMPRIMACION ASFALTICA

Rendimiento	m2/DIA	5,700.0000	EQ.	5,700.0000	Costo unitario directo por : m2	5.73
-------------	---------------	-------------------	-----	-------------------	---------------------------------	-------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0014	19.30	0.03
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0014	13.79	0.02
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.0084	12.43	0.10
						0.15

Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.15	
03011800010002	TRACTOR DE TIRO DE 80 HP	hm	1.0000	0.0014	65.00	0.09
03012200080002	CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1,800 gl	hm	1.0000	0.0014	175.00	0.25
03013900050001	BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7 P.LONG.	hm	1.0000	0.0014	43.02	0.06
						0.40

Subpartidas

010304020801	KEROSENE INDUSTRIAL	gal		0.0450	13.00	0.59
010304020802	ASFALTO RC-250	gal		0.2550	18.00	4.59
						5.18

Partida 03.05 RIEGO DE LIGA

Rendimiento	m2/DIA	5,500.0000	EQ.	5,500.0000	Costo unitario directo por : m2	5.76
-------------	---------------	-------------------	-----	-------------------	---------------------------------	-------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0015	19.30	0.03
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0015	13.79	0.02
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.0087	12.43	0.11
						0.16

Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.16	
03011800010002	TRACTOR DE TIRO DE 80 HP	hm	1.0000	0.0015	65.00	0.10
03012200080002	CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1,800 gl	hm	1.0000	0.0015	175.00	0.26
03013900050001	BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7 P.LONG.	hm	1.0000	0.0015	43.02	0.06
						0.42

Subpartidas

010304020801	KEROSENE INDUSTRIAL	gal		0.0450	13.00	0.59
010304020802	ASFALTO RC-250	gal		0.2550	18.00	4.59
						5.18

Partida	03.06 PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO EN CALIENTE					
Rendimiento	m3/DIA	4,367.0000	EQ.	4,367.0000	Costo unitario directo por : m3	501.93
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Subpartidas						
010304021001	ESPARCIDO Y COMPACTADO DE MEZCLA ASFALTICA	m3		1.0000	16.37	16.37
010304021101	PREPARACION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	m3		1.3000	373.51	485.56
						501.93

Partida	04.01 TRANSPORTE DE MATERIALES PARA BASE GRANULAR ENTRE 120 M. Y 1000 M					
Rendimiento	m3k/DIA	353.3000	EQ.	353.3000	Costo unitario directo por : m3k	6.14
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0453	12.43	0.56
						0.56
Equipos						
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 100-115 HP 2-2.25yd3	hm	1.0000	0.0226	127.00	2.87
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0226	120.00	2.71
						5.58

Partida	04.02 TRANSPORTE DE MATERIALES PARA BASE GRANULAR A MAS DE 1000 M					
Rendimiento	m3k/DIA	1,227.3000	EQ.	1,227.3000	Costo unitario directo por : m3k	1.77
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0130	12.43	0.16
						0.16
Equipos						
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 100-115 HP 2-2.25yd3	hm	1.0000	0.0065	127.00	0.83
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0065	120.00	0.78
						1.61

Partida	04.03 TRANSPORTE DE MATERIALES PARA SUB BASE GRANULAR ENTRE 120 M. Y 1000 M					
Rendimiento	m3k/DIA	353.3000	EQ.	353.3000	Costo unitario directo por : m3k	6.14
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0453	12.43	0.56
						0.56
Equipos						
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 100-115 HP 2-2.25yd3	hm	1.0000	0.0226	127.00	2.87
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0226	120.00	2.71
						5.58

Partida	04.04		TRANSPORTE DE MATERIALES PARA SUB BASE GRANULAR A MAS DE 1000 M				
Rendimiento	m3k/DIA	1,227.3000	EQ.	1,227.3000	Costo unitario directo por : m3k	1.77	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0130	12.43	0.16	
	Equipos						
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 100-115 HP 2-2.25yd3	hm	1.0000	0.0065	127.00	0.83	
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0065	120.00	0.78	
						1.61	

Partida	04.05		TRANSPORTE DE MATERIALES EXCEDENTES ENTRE 120 M. Y 1000 M.				
Rendimiento	m3k/DIA	353.3000	EQ.	353.3000	Costo unitario directo por : m3k	6.14	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0453	12.43	0.56	
	Equipos						
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 100-115 HP 2-2.25yd3	hm	1.0000	0.0226	127.00	2.87	
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0226	120.00	2.71	
						5.58	

Partida	04.06		TRANSPORTE DE MATERIALES EXCEDENTES A MAS DE 1000 M.				
Rendimiento	m3k/DIA	1,227.3000	EQ.	1,227.3000	Costo unitario directo por : m3k	1.77	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0130	12.43	0.16	
	Equipos						
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 100-115 HP 2-2.25yd3	hm	1.0000	0.0065	127.00	0.83	
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0065	120.00	0.78	
						1.61	

Partida	04.07		TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA HASTA 1000 M.				
Rendimiento	m3k/DIA	100.0000	EQ.	100.0000	Costo unitario directo por : m3k	9.60	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Equipos						
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0800	120.00	9.60	
						9.60	

Partida	04.08		TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA A MAS DE 1000 M.				
Rendimiento	m3k/DIA	1,000.0000	EQ.	1,000.0000	Costo unitario directo por : m3k	1.07	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		Mano de Obra					
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0080	13.79	0.11
		Equipos					0.11
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.11	
0301220004	CAMION VOLQUETE		hm	1.0000	0.0080	120.00	0.96
							0.96

5.1.5 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE SUB PARTIDAS

Análisis de precios unitarios de subpartidas

(010303030302-0201001-01) EXTRACCION
EN CANTERA

Partida

Rendimiento	m3/DIA	MO.500.00	EQ.500.00	Costo unitario directo por : m3	5.49
-------------	--------	-----------	-----------	--	-------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	0.2000	0.0032	13.79	0.04
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0032	19.30	0.06
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0640	12.43	0.80
						0.90
Materiales						
0279010048	DERECHO DE EXTRACCION	m3		1.0000	0.50	0.50
						0.50
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.90	0.03
03011800020001	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	1.0000	0.0160	254.00	4.06
						4.09

Partida

(010303050101-0201001-01) CHANCADO DE MATERIAL
DE CANTERA

Rendimiento	m3/DIA	MO.215.00	EQ.215.00	Costo unitario directo por : m3	18.20
-------------	--------	-----------	-----------	--	--------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0372	16.08	0.60
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0372	19.30	0.72
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.1488	12.43	1.85
						3.17
Materiales						
0201040001	PETROLEO D-2	gal		0.1700	15.00	2.55
						2.55
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3.17	0.10
03012500010009	GRUPO ELECTROGENO DE 50 KW.	hm	1.0000	0.0372	13.00	0.48
0301400005	ZARANDA MECANICA	hm	1.0000	0.0372	20.00	0.74
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 100-115 HP 2-2.25yd3	hm	1.0000	0.0372	127.00	4.72
03014000010002	CHANCADORA PRIMARIA SECUNDARIA 5 FAJAS 75 HP	hm	1.0000	0.0372	173.00	6.44
						12.48

Partida **(010303060302-0201001-01) CARGUIO DE MATERIAL**

Rendimiento **m3/DIA** MO.810.00 EQ.810.00 Costo unitario directo por : m3 **1.77**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	0.5000	0.0049	13.79	0.07 0.07
Equipos						
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	1.0000	0.0099	172.00	1.70 1.70

Partida **(010304020801-0201001-01) KEROSENE INDUSTRIAL**

Rendimiento **gal/DIA** MO.0.00 EQ.0.00 Costo unitario directo por : gal **13.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Materiales						
0201040002	KEROSENE INDUSTRIAL	gal		1.0000	13.00	13.00 13.00

Partida **(010304020802-0201001-01) ASFALTO RC-250**

Rendimiento **gal/DIA** MO.0.00 EQ.0.00 Costo unitario directo por : gal **18.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Materiales						
02010500010001	ASFALTO RC-250	gal		1.0000	18.00	18.00 18.00

Partida **(010304021001-0201001-01) ESPARCIDO Y COMPACTADO DE MEZCLA ASFALTICA**

Rendimiento **m3/DIA** MO.190.00 EQ.190.00 Costo unitario directo por : m3 **16.37**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0421	19.30	0.81
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.0842	13.79	1.16
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.2526	12.43	3.14
						5.11
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	5.11	0.15
03011000040001	RODILLO NEUMATICO AUTOPREPULSADO 5.5 - 20 ton	hm	1.0000	0.0421	75.00	3.16
03011000060003	RODIL LISO VIBRTOR AUTO P7-9TN -70-100HP	hm	1.0000	0.0421	78.94	3.32
03013900020001	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 69 HP	hm	1.0000	0.0421	110.00	4.63
						11.27

Partida **(010304021101-0201001-01) PREPARACION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**

Rendimiento **m3/DIA** MO.150.00 EQ.150.00 Costo unitario directo por : m3 **373.51**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0533	19.30	1.03
0101010003	OPERARIO	hh	3.0000	0.1600	16.08	2.57
0101010005	PEON	hh	15.0000	0.8000	12.43	9.94
						13.55
Materiales						
02221200010003	LUBRICANTES, GRASAS Y FILTROS	%eq		48.0000	122.38	58.74
0201040001	PETROLEO D-2	gal		10.0000	15.00	150.00
						208.74
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	13.54	0.68
0301390009	CALENTADOR DE ACEITE 5 HP 463 P3	hm	1.0000	0.0533	25.00	1.33
03012500010004	GRUPO ELECTROGENO DE 150 KW.	hm	1.0000	0.0533	44.00	2.35
0301400003	SECADORA DE ARIDOS	hm	1.0000	0.0533	55.00	2.93
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	1.0000	0.0533	172.00	9.17
03013900030001	PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE M.E. 50,65 - 115 ton/h	hm	1.0000	0.0533	2,000.00	106.60
						123.05

		Subpartidas				
010716010402	PIEDRA		m3	0.5510	23.72	13.07
010318010203	ARENA		m3	0.5930	25.46	15.10
						28.17

Partida **(010304021102-0201001-01) PREPARACION DE MAT. SUB. BASE GRANULAR**

Rendimiento	m3/DIA	MO.1.00	EQ.1.00	Costo unitario directo por : m3	30.00
-------------	---------------	---------	---------	---------------------------------	--------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Materiales						
0207040002	PREPARACION DE MATERIAL SUB BASE GRANULAR	m3		1.0000	30.00	30.00
						30.00

Partida **(010304021103-0201001-01) PREPARACION DE MAT. BASE GRANULAR**

Rendimiento	m3/DIA	MO.0.00	EQ.0.00	Costo unitario directo por : m3	30.00
-------------	---------------	---------	---------	---------------------------------	--------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Materiales						
0207040003	PREPARACION DE MATERIAL BASE GRANULAR	m3		1.0000	30.00	30.00
						30.00

Partida **(010318010102-0201001-01) AGUA PARA BASE**

Rendimiento	m3/DIA	MO.81.45	EQ.81.45	Costo unitario directo por : m3	3.60
-------------	---------------	----------	----------	---------------------------------	-------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	0.2000	0.0196	13.79	0.27
						0.27
Equipos						
03010400030005	MOTOBOMBA 10 HP 4"	hm	0.4000	0.0393	25.00	0.98
0301220009	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 122 HP.	hm	0.2000	0.0196	120.00	2.35
						3.33

Partida (010318010103-0201001-01) AGUA PARA SUB BASE

Rendimiento m3/DIA MO.81.45 EQ.81.45 Costo unitario directo por : m3 3.60

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	0.2000	0.0196	13.79	0.27
0.27						
Equipos						
03010400030005	MOTOBOMBA 10 HP 4"	hm	0.4000	0.0393	25.00	0.98
0301220009	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 122 HP.	hm	0.2000	0.0196	120.00	2.35
3.33						

Partida (010318010203-0201001-01) ARENA

Rendimiento m3/DIA MO.0.00 EQ.0.00 Costo unitario directo por : m3 25.46

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Subpartidas						
010303060302	CARGUIO DE MATERIAL	m3		1.0000	1.77	1.77
010303030302	EXTRACCION EN CANTERA	m3		1.0000	5.49	5.49
010303050101	CHANCADO DE MATERIAL DE CANTERA	m3		1.0000	18.20	18.20
25.46						

Partida (010716010402-0201001-01) PIEDRA

Rendimiento m3/DIA MO.1.00 EQ.1.00 Costo unitario directo por : m3 23.72

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Materiales						
0207010011	PIEDRA	m3		1.0000	23.72	23.72
23.72						

5.2 PRESUPUESTO PAVIMENTO RIGIDO

5.2.1 HOJA DE METRADOS

5.2.2 PRESUPUESTO

5.2.3 RELACIÓN DE INSUMOS

5.2.4 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

5.2.5 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE SUB PARTIDAS

5.2.1 METRADOS PAVIMENTO RÍGIDO

SUSTENTO DE METRADOS

**TESIS: "Comparación Cuantitativa y Cualitativa del Pavimento Flexible con el Rígido en la carretera
Cuñumbuqui-Estero, Provincia de Lamas, Región San Martín"**

FECHA marzo-2013

01.01 : MOVILIZACION Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO **1.00 Glb**

Descripción	Unidad	Parcial
Movilización y desmovilización	Glb	1.00

* El detalle de la movilización de equipos se encuentra detallado en la hoja adjunta.

1.00 Glb

01.02 : TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION **5.49 Km**

Progresiva		Longitud Km
Inicio	Fin	
0+000	0+500	0.500
0+500	1+000	0.500
1+000	1+500	0.500
1+500	2+000	0.500
2+000	2+500	0.500
2+500	3+000	0.500
3+000	3+500	0.500
3+500	4+000	0.500
4+000	4+500	0.500
4+500	5+000	0.500
5+000	5+490	0.490
		5.490

5.49 Km

SUSTENTO DE METRADOS

TESIS: "Comparación Cuantitativa y Cualitativa del Pavimento Flexible con el Rígido en la
carretera Cufimbuqui-Estero, Provincia de Lamas, Región San Martín"

FECHA marzo-2013

02.01 EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO

Ubicación	N Elem	Dimensiones			Volumen m³
		L	A	H	
00+000 - 01+000	01	1,000.00	7.00	0.42	2,940.00
01+000 - 02+000	01	1,000.00	7.00	0.42	2,940.00
02+000 - 03+000	01	1,000.00	7.00	0.42	2,940.00
03+000 - 04+000	01	1,000.00	7.00	0.42	2,940.00
04+000 - 05+000	01	1,000.00	7.00	0.42	2,940.00
05+000 - 05+490	01	1,000.00	7.00	0.42	2,940.00
Total					17,640.00

02.02 EXCAVACION EN ROCA FRACTURADA (SUELTA)

Ubicación	N Elem	Dimensiones			Volumen m³
		Vol: Programa Auto Cad/Civil			
00+000 - 01+000	01		530.40		530.40
01+000 - 02+000	01		132.41		132.41
02+000 - 03+000	01		929.18		929.18
03+000 - 04+000	01		1,707.54		1,707.54
Total					3,299.53

02.03 PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE EN ZONAS DE CORTE

Ubicación	N Elem	Area x Lado			Area m²
		Izquierdo	Derecho		
Detalle en Planilla de Perfilado y Compactado					
00+000 - 01+000	01	1,592.95	1,719.15		3,312.10
01+000 - 02+000	01	2,846.33	2,806.68		5,653.00
02+000 - 03+000	01	2,049.88	2,174.50		4,224.38
03+000 - 03+948.88	01	1,571.52	1,420.16		2,991.68
Plazoletas	07				483.00
Total					16,664.15

02.04 MEJORAMIENTO DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE

Ubicación	N Elem	Dimensiones			Volumen m³
			Vol		
Ver Detalle en Planilla de Explanaciones					
00+000 - 01+000	01		3,413.56		3,413.56
01+000 - 02+000	01		695.61		695.61
02+000 - 03+000	01		4,142.77		4,142.77
03+000 - 04+000	01		15,095.26		15,095.26
Total					23,347.19

PLANILLA DE METRADOS

TESIS: "Comparación Cuantitativa y Cualitativa del Pavimento Flexible con el Rígido en la carretera Cuñumbuqui-Estero, Provincia de Lamas, Región San Martín"

Kilometraje : KM. 0+000.00 al Km. 5+490.00

TESISTA: BACH. ING. RICARDO MARTÍN LAYZA MENDIOLA

03.02 PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO

Estaca		Ancho de Doble Via				3.02			
		CALZADA IZQUIERDA		CALZADA DERECHA		Total Ancho de Via	Area de conformacion	Espesor de Capa Anticontaminante	Volumen de conformacion
Progresiva	Distancia	Berma Izq.	Izq.	Der	Berma der.				
0+000.000		0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	0.00	0.15	0.00
0+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
0+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
0+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
0+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
0+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
0+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
0+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
0+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
0+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
1+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
1+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
1+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
1+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
1+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
1+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
1+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
1+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
1+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
1+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
2+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
2+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
2+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
2+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
2+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
2+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
2+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
2+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
2+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
2+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
3+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
3+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
3+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
3+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
3+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
3+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00

PLANILLA DE METRADOS

TESIS: "Comparación Cuantitativa y Cualitativa del Pavimento Flexible con el Rígido en la carretera Cuiñumbuqui-Estero, Provincia de Lamas, Región San Martín"

Kilometraje : KM. 0+000.00 al Km. 5+490.00

TESISTA: BACH. ING. RICARDO MARTÍN LAYZA MENDIOLA

03.02 PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO

Estaca		Ancho de Doble Vía				3.02			
		CALZADA IZQUIERDA		CALZADA DERECHA		Total Ancho de Vía	Area de conformacion	Espesor de Capa Anticontaminante	Volumen de conformacion
Progresiva	Distancia	Berma Izq.	Izq.	Der	Berma der.				
3+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
3+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
3+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
3+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
4+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
4+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
4+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
4+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
4+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
4+500.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
4+600.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
4+700.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
4+800.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
4+900.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
5+000.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
5+100.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
5+200.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
5+300.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
5+400.000	100.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	700.00	0.15	105.00
5+490.000	90.00	0.50	3.00	3.00	0.50	7.00	630.00	0.15	94.50

Total (m2)	38,430.00	Total (m3)	5,764.50
-------------------	------------------	-------------------	-----------------

Sustento de metrados de transporte de Agua para Base

INICIO (km)	FIN (km)	Código Cantera	Ubicación de Fuentes de Agua (km)	Participación %	Acceso (km)	D.L.P. 120.00 m (km)	Distancia (km)	PAVIMENTOS								
								Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	SA (m ²)	Espesor (m)	Volumen (m ³)	Momento (m ³ -km)	D<=1km (m ³ -km)	D>1km (m ³ -km)
0+000.00	0+500.00	F-1	3.20	10.00%	-	0.12	2.83	500.00	7.00	3,500.00	0.00	0.20	70.00	198.10	70.00	128.10
0+500.00	1+000.00	F-1	3.20	10.00%	-	0.12	2.33	500.00	7.00	3,500.00	0.00	0.20	70.00	163.10	70.00	93.10
1+000.00	2+000.00	F-1	3.20	10.00%	-	0.12	1.58	1,000.00	7.00	7,000.00	0.00	0.20	140.00	221.20	140.00	81.20
2+000.00	4+000.00	F-1	3.20	10.00%	-	0.12	0.08	2,000.00	7.00	14,000.00	0.00	0.20	280.00	22.40	22.40	-
4+000.00	5+000.00	F-1	3.20	10.00%	-	0.12	1.18	1,000.00	7.00	7,000.00	0.00	0.20	140.00	165.20	140.00	25.20
5+000.00	5+490.00	F-1	3.20	10.00%	-	0.12	1.93	490.00	7.00	3,430.00	0.00	0.20	68.60	132.06	68.60	63.46
LONGITUD TOTAL DE AFIRMADO								5,490.00					768.60	902.06	511.00	391.06

Dist. Media (km): 1.17

Sustento de metrados de transporte de Material Excedente

04.03 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 1 KM
 04.04 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D> 1 KM

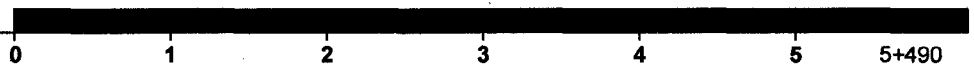
18,882.43 m³-km
 19,723.34 m³-km

INICIO (km)	FIN (km)	Código Cantera	Ubicación de DME (km)	Participación %	Acceso (km)	D.L.P. 120.00 m (km)	Distancia (km)	PAVIMENTOS							
								Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Espesor (m)	Volumen (m ³)	Momento (m ³ -km)	D<=1km (m ³ -km)	D>1km (m ³ -km)
EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO															
DME KM 4+000															
0+000.00	0+500.00	DME-1	4.00	100.00%	0.50	0.12	4.13	500.00	7.00	3,500.00	0.42	1,470.00	6,071.10	1,470.00	4,601.10
0+500.00	1+000.00	DME-1	4.00	100.00%	0.50	0.12	3.63	500.00	7.00	3,500.00	0.42	1,470.00	5,336.10	1,470.00	3,866.10
1+000.00	2+000.00	DME-1	4.00	100.00%	0.50	0.12	2.88	1,000.00	7.00	7,000.00	0.42	2,940.00	8,467.20	2,940.00	5,527.20
2+000.00	4+000.00	DME-1	4.00	100.00%	0.50	0.12	1.38	2,000.00	7.00	14,000.00	0.42	5,880.00	8,114.40	5,880.00	2,234.40
4+000.00	5+000.00	DME-1	4.00	100.00%	0.50	0.12	0.88	1,000.00	7.00	7,000.00	0.42	2,940.00	2,587.20	2,587.20	-
5+000.00	5+490.00	DME-1	4.00	100.00%	0.50	0.12	1.63	490.00	7.00	3,430.00	0.42	1,440.60	2,340.98	1,440.60	900.38
EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO															
DME KM 4+000															
0+000.00	1+000.00	DME-1	4.00	100.00%	0.50	0.12	3.88	VOLUMEN				530.40	2,057.95	530.40	1,527.55
1+000.00	2+000.00	DME-1	4.00	100.00%	0.50	0.12	2.88	VOLUMEN				132.41	381.34	132.41	248.93
2+000.00	3+000.00	DME-1	4.00	100.00%	0.50	0.12	1.88	VOLUMEN				929.18	1,746.86	929.18	817.68
3+000.00	4+000.00	DME-1	4.00	100.00%	0.50	0.12	0.88	VOLUMEN				1,707.54	1,502.64	1,502.64	-
4+000.00	5+000.00	DME-1	4.00	100.00%	0.50	0.12	0.88	VOLUMEN				0.00	-	-	-
5+000.00	5+490.00	DME-1	4.00	100.00%	0.50	0.12	1.63	VOLUMEN				0.00	-	-	-
LONGITUD TOTAL DE AFIRMADO								0.00				19,440.13	38,605.77	18,882.43	19,723.34

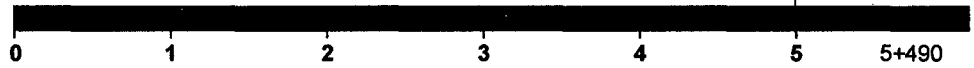
Dist.Med. (km): 1.99

DIAGRAMA DE CANTERAS

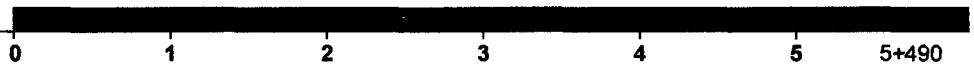
Cantera Maceda
C-1
a= 6.80 km



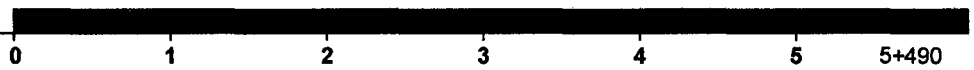
Cantera Cerro
C-2
Km 5+000
a= 0.00 km



Cantera Cumbaza
C-3
a= 39.10 km



Cantera Puerto López
C-4
a= 60.30 km



 PAVIMENTACION

CÁLCULO DE RENDIMIENTOS DE TRANSPORTES

PARTIDA - INSUMO	TRANSPORTE DE MATERIAL BASE GRANULAR DE CANTERA <= 1.00 KM	
Unidad	M3-KM	
Rendimiento	353.30 M3/DIA	
DATOS GENERALES		
Velocidad Cargado		25.00 km/hr
Velocidad Descargado		30.00 km/hr
Tiempo de Viaje Cargado	(Tc)	2.4 x d
Tiempo de Viaje Descargado	(Td)	2 x d
Volumen de la Tolva del Volquete	(a)	15.00 m3
Distancia de transporte		1.00 km
CALCULO DE RENDIMIENTOS		
Tiempo de Carguío al Volquete	Tcv	8.89 min
Tiempo de Descarga del Volquete	Tdv	2.00 min
Tiempo Útil : 8 hrs. x 90.00%	(b)	432 min
Tiempo de Ciclo del Volquete	Tciclo = Tcv+Tdv+Tc+Td	10.89 + 4.40 x d
Para d= 1.00 km, Ciclo=	(c)	15.29 min
Numero de ciclos	(d) = (b) / (c)	28.26
Volumen Transportado por el Volquete	(e) = (a) x (d)	423.9 m3/día
Cargador s/llantas 125-155HP, 3 y3		Rend = 810.00 m3/día
RENDIMIENTO PARA UNA DISTANCIA "d" :	d = 1.00 Km	Esponjamiento= 1.20
	Rendimiento =	353.25 m3

PARTIDA - INSUMO	TRANSPORTE DE MATERIAL BASE GRANULAR DE CANTERA > 1.00 KM	
Unidad	M3-KM	
Rendimiento	1,227.30 M3/DIA	
DATOS GENERALES		
Velocidad Cargado		25.00 km/hr
Velocidad Descargado		30.00 km/hr
Tiempo de Viaje Cargado	(Tc)	2.4 x d
Tiempo de Viaje Descargado	(Td)	2 x d
Volumen de la Tolva del Volquete	(a)	15.00 m3
Distancia de transporte		1.00 km
CALCULO DE RENDIMIENTOS		
Tiempo Útil : 8 hrs. x 90.00%	(b)	432 min
Tiempo de Ciclo del Volquete	Tciclo = Tc+Td	4.40 x d
Para d= 1.00 km, Ciclo=	(c)	4.40 min
Numero de ciclos	(d) = (b) / (c)	98.18
Volumen Transportado por el Volquete	(e) = (a) x (d)	1472.7 m3/día
Cargador s/llantas 125-155HP, 3 y3		Rend = 810.00 m3/día
RENDIMIENTO PARA UNA DISTANCIA "d" :	d = 1.00 Km	Esponjamiento= 1.20
	Rendimiento =	1227.25 m3

CÁLCULO DE RENDIMIENTOS DE TRANSPORTES

PARTIDA - INSUMO	TRANSPORTE DE AGUA PARA BASE	
Unidad	M3	
Rendimiento	81.50 M3/DIA	
DATOS GENERALES		
Velocidad Cargado		25.00 km/hr
Velocidad Descargado		30.00 km/hr
Tiempo de Viaje Cargado	(Tc)	2.4 x d
Tiempo de Viaje Descargado	(Td)	2 x d
Capacidad de la Cisterna del Camión	(a)	2000.00 gal
Distancia de transporte		1.17 km
CALCULO DE RENDIMIENTOS		
Tiempo de Llenado	Tcv	10.00 min
Tiempo de Vaciado	Tdv	25.00 min
Tiempo Útil : 8 hrs. x 90.00%	(b)	432 min
Tiempo de Ciclo del Volquete	$T_{ciclo} = T_{cv} + T_{dv} + T_c + T_d$	35 + 4.40 x d
Para d = 1.17 Km, Ciclo =	(c)	40.16 min
Numero de ciclos	(d) = (b) / (c)	10.76
Volumen Transportado por la Cisterna	(e) = (a) x (d)	81.45 m3/dia
RENDIMIENTO PARA UNA DISTANCIA "d" :	d = 1.17 Km	
	Rendimiento =	81.45 m3

5.2.2 PRESUPUESTO

Presupuesto pavimento de Concreto f'c=210 Kg/cm2

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$/.	Parcial \$/.
01	OBRAS PRELIMINARES				30,980.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO	glb	1.00	20,000.00	20,000.00
01.02	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION	km	5.49	2,000.00	10,980.00
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				436,505.47
02.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO	m3	17,640.00	6.81	120,128.40
02.02	EXCAVACION EN ROCA FRACTURADA (SUELTA)	m3	3,299.53	16.70	55,102.15
02.03	PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONAS DE CORTE	m2	16,664.15	6.46	107,650.41
02.04	MEJORAMIENTO DE SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE	m2	23,347.19	6.58	153,624.51
03	PAVIMENTOS				4,040,818.43
03.01	BASE GRANULAR	m3	7,686.00	47.92	368,313.12
03.02	PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO	m3	5,764.50	637.09	3,672,505.31
04	TRANSPORTE				216,174.98
04.01	TRANSPORTE DE MATERIALES PARA BASE GRANULAR ENTRE 120 M. Y 1000 M	m3k	7,672.00	6.14	47,106.08
04.02	TRANSPORTE DE MATERIALES PARA BASE GRANULAR A MAS DE 1000 M	m3k	10,294.05	1.77	18,220.47
04.03	TRANSPORTE DE MATERIALES EXCEDENTES ENTRE 120 M. Y 1000 M.	m3k	18,882.43	6.14	115,938.12
04.04	TRANSPORTE DE MATERIALES EXCEDENTES A MAS DE 1000 M.	m3k	19,723.34	1.77	34,910.31

Costo Directo

4,724,478.88

SON : CUATRO MILLONES SETECIENTOS VEINTICUATRO MIL CUATROCIENTOS SETENTIOCHO Y 88/100 NUEVOS SOLES

5.2.3 RELACIÓN DE INSUMOS

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra	0201001	COMPARACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON EL RIGIDO EN LA CARRETERA CUÑUMBUQUI-ESTERO			
Subpresupuesto	002	PRESUPUESTO DE PAVIMENTACION CON CONCRETO F'C=210 KG/CM2			
Fecha	19/10/2012				
Lugar	220505	SAN MARTIN - LAMAS - CUÑUMBUQUI			
Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
MANO DE OBRA					
0101010002	CAPATAZ	hh	8,573.7587	19.30	165,473.54
0101010003	OPERARIO	hh	25,332.8486	16.08	407,352.21
0101010004	OFICIAL	hh	17,996.9015	13.79	248,177.27
0101010005	PEON	hh	57,583.4183	12.43	715,761.89
0101030008	CONTROLADOR	hh	142.4179	18.49	2,633.31
					1,539,398.22
MATERIALES					
02010500010006	ASFALTO	gal	2,583.0725	19.00	49,078.38
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg	3,458.7000	5.00	17,293.50
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	3,458.7000	5.00	17,293.50
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3	7,493.8500	3.00	22,481.55
02070200010002	ARENA GRUESA	m3	820.8648	40.00	32,834.59
02070300010001	HORMIGON DE RIO	m3	576.4500	3.00	1,729.35
0207040001	MATERIAL GRANULAR	m3	28,016.6280	3.00	84,049.88
0207040003	PREPARACION DE MATERIAL BASE GRANULAR	m3	9,223.2000	30.00	276,696.00
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3	23,847.1145	1.00	23,847.11
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	58,797.9000	21.50	1,264,154.85
0231010001	MADERA TORNILLO	p2	134,511.7252	3.20	430,437.52
02310500010007	TRIPLAY DE 4'X8'X4 MM	pln	7,686.3843	30.00	230,591.53
0255100003	MECHA LENTA	m	1,979.7180	0.48	950.26
0255100007	DINAMITA	kg	296.9577	7.25	2,152.94
0255100008	FULMINANTE	und	1,979.7180	0.48	950.26
0290230060	BARRENO	und	7.9189	780.43	6,180.15
0291010006	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO	gib	1.0000	20,000.00	20,000.00
0291010007	TOPOGRAFÍA Y GEOREFERENCIACIÓN	km	5.4900	2,000.00	10,980.00
					2,491,701.37
EQUIPOS					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			73,038.86
03010400030005	MOTOBOMBA 10 HP 4"	hm	52.4572	25.00	1,311.43
03011000040001	RODILLO NEUMATICO AUTOPREPULSADO 5.5 - 20 ton	hm	172.9350	75.00	12,970.13
03011000060003	RODIL LISO VIBRTOR AUTO P7-9TN -70-100HP	hm	661.8380	78.94	52,245.49
03011000060004	RODIL PAT DE CABR VIBRAT AUT P8-10TN -84 HP	hm	518.2551	53.40	27,674.82
03011400020005	MARTILLO NEUMATICO 25-29 kg sin punta	hm	224.3680	12.20	2,737.29
03011400060003	COMPRESORA NEUMATICA 250 - 330 PCM - 87 HP	hm	112.1840	74.45	8,352.10
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 100-115 HP 2-2.25yd3	hm	795.2431	127.00	100,995.87
0301180002	TRACTOR DE ORUGAS	hm	676.6640	170.00	115,032.88
0301180003	TRACTOR BULLD. 125 HP	hm	26.3962	150.00	3,959.43
0301200002	MOTONIVELADORA 125 HP.	hm	661.8381	140.00	92,657.33
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	795.2431	120.00	95,429.17
0301220009	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 122 HP.	hm	26.9010	120.00	3,228.12
0301220010	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2000 GAL.	hm	172.9350	130.00	22,481.55
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 2 HP 3/4"	hm	1,921.3078	25.00	48,032.70
0301290003	MEZCLADORA DE CONCRETO	hm	1,921.3078	25.00	48,032.70
					708,179.87
Total				\$/.	4,739,279.46

5.2.4 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

Análisis de precios unitarios

Partida	01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO				
Rendimiento	glb/DIA	EQ.		Costo unitario directo por : glb	20,000.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Materiales					
0291010006	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO	glb		1.0000	20,000.00	20,000.00
						20,000.00

Partida	01.02	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION				
Rendimiento	km/DIA	EQ.		Costo unitario directo por : km	2,000.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Materiales					
0291010007	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION	km		1.0000	2,000.00	2,000.00
						2,000.00

Partida	02.01	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO				
Rendimiento	m3/DIA	250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m3	6.81	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0032	19.30	0.06
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	13.79	0.44
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0640	12.43	0.80
						1.30
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.30	0.07
0301180002	TRACTOR DE ORUGAS	hm	1.0000	0.0320	170.00	5.44
						5.51

Partida	02.02		EXCAVACION EN ROCA FRACTURADA (SUELTA)			
Rendimiento	m3/DIA	250.0000	EQ. 250.0000		Costo unitario directo por : m3	16.70
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.6000	0.0192	19.30	0.37
0101010003	OPERARIO	hh	0.5000	0.0160	16.08	0.26
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.0640	13.79	0.88
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.1280	12.43	1.59
						3.10
	Materiales					
0255100003	MECHA LENTA	m		0.6000	0.48	0.29
0255100007	DINAMITA	kg		0.0900	7.25	0.65
0255100008	FULMINANTE	und		0.6000	0.48	0.29
0290230060	BARRENO	und		0.0024	780.43	1.87
						3.10
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	3.10	0.16
03011400020005	MARTILLO NEUMATICO 25-29 kg sin punta	hm	2.1250	0.0680	12.20	0.83
03011400060003	COMPRESORA NEUMATICA 250 - 330 PCM - 87 HP	hm	1.0625	0.0340	74.45	2.53
0301180002	TRACTOR DE ORUGAS	hm	1.0625	0.0340	170.00	5.78
0301180003	TRACTOR BULLD. 125 HP	hm	0.2500	0.0080	150.00	1.20
						10.50
Partida	02.03		PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONAS DE CORTE			
Rendimiento	m2/DIA	2,700.0000	EQ. 2,700.0000		Costo unitario directo por : m2	6.46
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0030	16.08	0.05
0101010005	PEON	hh	5.0000	0.0148	12.43	0.18
						0.23
	Materiales					
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0300	1.00	0.03
						0.03
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.23	0.01
03011000060003	RODIL LISO VIBRTOR AUTO P7-9TN - 70-100HP	hm	6.9863	0.0207	78.94	1.63
03011000060004	RODIL PAT DE CABR VIBRAT AUT P8-10TN -84 HP	hm	10.4963	0.0311	53.40	1.66
0301200002	MOTONIVELADORA 125 HP.	hm	6.9863	0.0207	140.00	2.90
						6.20

Partida **03.02** **PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO**

Rendimiento **m3/DIA** **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario **637.09**
 directo por : m3

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Subpartidas						
010105010009	CONCRETO F' C 210 KG/CM2 P/LOSA PAV. RIGIDO	m3		1.0000	312.24	312.24
010303090203	RELLENO DE JUNTAS	m		0.9524	107.77	102.64
010313090205	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA PAV. RIGIDO	m2		6.6670	33.33	222.21
						637.09

Partida **04.01** **TRANSPORTE DE MATERIALES PARA BASE GRANULAR ENTRE 120 M. Y 1000 M**

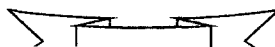
Rendimiento **m3k/DIA** **353.3000** EQ. **353.3000** Costo unitario **6.14**
 directo por : m3k

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0453	12.43	0.56
						0.56
Equipos						
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 100-115 HP 2-2.25yd3	hm	1.0000	0.0226	127.00	2.87
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0226	120.00	2.71
						5.58

Partida **04.02** **TRANSPORTE DE MATERIALES PARA BASE GRANULAR A MAS DE 1000 M**

Rendimiento **m3k/DIA** **1,227.3000** EQ. **1,227.3000** Costo unitario **1.77**
 directo por : m3k

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0130	12.43	0.16
						0.16
Equipos						
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 100-115 HP 2-2.25yd3	hm	1.0000	0.0065	127.00	0.83
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0065	120.00	0.78
						1.61



Partida **04.03** **TRANSPORTE DE MATERIALES EXCEDENTES ENTRE 120 M. Y 1000 M.**

Rendimiento **m3k/DIA** **353.3000** EQ. **353.3000** Costo unitario **6.14**
 directo por : m3k

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0453	12.43	0.56
						0.56
	Equipos					
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 100-115 HP 2-2.25yd3	hm	1.0000	0.0226	127.00	2.87
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0226	120.00	2.71
						5.58

Partida **04.04** **TRANSPORTE DE MATERIALES EXCEDENTES A MAS DE 1000 M.**

Rendimiento **m3k/DIA** **1,227.3000** EQ. **1,227.3000** Costo unitario **1.77**
 directo por : m3k

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0130	12.43	0.16
						0.16
	Equipos					
03011600010005	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 100-115 HP 2-2.25yd3	hm	1.0000	0.0065	127.00	0.83
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0065	120.00	0.78
						1.61

5.2.5 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE SUB PARTIDAS

Análisis de precios unitarios de subpartidas

Partida	(010105010009-0201001-01) CONCRETO F'c 210 KG/CM2 P/LOSA PAV. RIGIDO					
Rendimiento	m3/DIA	MO.24.00	EQ.24.00		Costo unitario directo por : m3	312.24
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$l.	Parcial \$l.
	Mano de Obra					
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.6667	13.79	9.19
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.6667	16.08	10.72
0101010005	PEON	hh	12.0000	4.0000	12.43	49.72
						69.63
	Materiales					
02070300010001	HORMIGON DE RIO	m3		0.1000	3.00	0.30
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		1.3000	3.00	3.90
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		10.2000	21.50	219.30
						223.50
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	69.63	2.09
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 2 HP 3/4"	hm	1.0000	0.3333	25.00	8.33
0301290003	MEZCLADORA DE CONCRETO	hm	1.0000	0.3333	25.00	8.33
						18.75
	Subpartidas					
010318010104	AGUA PARA CONCRETO HIDRAULICO	m3		0.1000	3.60	0.36
						0.36
Partida	(010303090203-0201001-01)					
	RELLENO DE JUNTAS					
Rendimiento	m/DIA	MO.0.00	EQ.0.00		Costo unitario directo por : m	107.77
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$l.	Parcial \$l.
	Subpartidas					
010308010203	JUNTAS ASFALTICAS	m		0.9524	10.41	9.91

010308010202	LONGITUDINALES JUNTAS ASFALTICAS TRANSVERSALES	m		14.0000	6.99	97.86
--------------	--	---	--	---------	------	-------

107.77

Partida **(010304021103-0201001-01) PREPARACION DE MAT. BASE GRANULAR**

Rendimiento	m3/DIA	MO.0.00	EQ.0.00	Costo unitario directo por : m3	30.00
-------------	---------------	---------	---------	------------------------------------	--------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Materiales						
0207040003	PREPARACION DE MATERIAL BASE GRANULAR	m3		1.0000	30.00	30.00
						30.00

Partida **(010308010202-0201001-01) JUNTAS ASFALTICAS TRANSVERSALES**

Rendimiento	m/DIA	MO.80.00	EQ.80.00	Costo unitario directo por : m	6.99
-------------	--------------	----------	----------	-----------------------------------	-------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.1000	16.08	1.61
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.1000	19.30	1.93
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.2000	12.43	2.49
						6.02
Materiales						
02010500010006	ASFALTO	gal		0.0200	19.00	0.38
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.0100	40.00	0.40
02040100010003	BARRAS DE AMARRE 5/8" X0.75 m@0.75 m.	kg		1.0000	2.76	2.76
						3.54
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	6.03	0.18
						0.18

**(010308010203-0201001-01) JUNTAS ASFALTICAS
LONGITUDINALES**

Partida Rendimiento **m/DIA** MO.80.00 EQ.80.00 Costo unitario directo por : m **10.41**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.1000	16.08	1.61
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.1000	19.30	1.93
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.2000	12.43	2.49
						6.02
Materiales						
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.0100	40.00	0.40
02010500010006	ASFALTO	gal		0.2000	19.00	3.80
02040100010002	DOWELS 1 1/2" X 0.50 M @0.45 M.	kg		1.0000	3.52	3.52
						7.72
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	6.03	0.18
						0.18

**(010313090205-0201001-01) ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA
PAV. RIGIDO**

Partida Rendimiento **m2/DIA** MO.70.00 EQ.70.00 Costo unitario directo por : m2 **33.33**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.3429	12.43	4.26
0101010004	OFICIAL	hh	3.0000	0.3429	13.79	4.73
0101010003	OPERARIO	hh	3.0000	0.3429	16.08	5.51
						14.50
Materiales						
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.0900	5.00	0.45
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.0900	5.00	0.45
02310500010007	TRIPLAY DE 4'X8'X4 MM	pln		0.2000	30.00	6.00

0231010001	MADERA TORNILLO	p2		3.5000	3.20	11.20
						18.10

Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	14.50	0.73
						0.73

Partida **(010318010102-0201001-01)**
AGUA PARA BASE

Rendimiento	m3/DIA	MO.81.45	EQ.81.45	Costo unitario directo por : m3	3.60	
-------------	---------------	----------	----------	------------------------------------	-------------	--

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
		Mano de Obra				
0101010004	OFICIAL	hh	0.2000	0.0196	13.79	0.27
						0.27
		Equipos				
03010400030005	MOTOBOMBA 10 HP 4"	hm	0.4000	0.0393	25.00	0.98
0301220009	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 122 HP.	hm	0.2000	0.0196	120.00	2.35
						3.33

Partida **(010318010104-0201001-01) AGUA PARA CONCRETO**
HIDRAULICO

Rendimiento	m3/DIA	MO.81.45	EQ.81.45	Costo unitario directo por : m3	3.60	
-------------	---------------	----------	----------	------------------------------------	-------------	--

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
		Mano de Obra				
0101010004	OFICIAL	hh	0.2000	0.0196	13.79	0.27
						0.27
		Equipos				
03010400030005	MOTOBOMBA 10 HP 4"	hm	0.4000	0.0393	25.00	0.98
0301220009	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 122 HP.	hm	0.2000	0.0196	120.00	2.35
						3.33

**ANEXO N° 6: GLOSARIO DE PARTIDAS, APLICABLES A OBRAS DE
REHABILITACIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE
CARRETERAS**

Aprueban el "Glosario de Partidas" aplicables a obras de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras y puentes

RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 17-2012-MTC/14

Lima, 20 de setiembre 2012

CONSIDERANDO:

Que, el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, aprobado por Decreto Supremo N° 034-2008-MTC, tiene, entre otros objetivos, definir las pautas para las normas técnicas de diseño, construcción y mantenimiento de carreteras, caminos y vías urbanas;

Que, en el Numeral 4.1, del artículo 4° de dicho reglamento, se precisa que este Ministerio, a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial, fiscalizar su cumplimiento, e interpretar las normas técnicas contenidas en el citado reglamento;

Que, de otro lado, el artículo 57° del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, ha establecido que la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles es un órgano de línea, de ámbito nacional, encargado de normar sobre la gestión de la infraestructura de caminos, puentes y ferrocarriles, así como de fiscalizar su cumplimiento. Asimismo, el artículo 60° de dicho reglamento ha previsto que la Dirección de Normatividad Vial, es la unidad orgánica encargada de la formulación de normas técnicas y administrativas para la gestión de infraestructura de caminos;

Que, en el ejercicio de tales funciones previstas, la Dirección de Normatividad Vial formuló el documento técnico denominado "Glosario de Partidas" aplicables a obras de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras y puentes, como una herramienta dirigida a estandarizar y ordenar el uso de las partidas en los presupuestos de proyectos viales, y facilitar, consecuentemente, la elaboración de los metrados, costos, presupuestos y otros, tanto de los estudios de pre inversión y definitivos, como de los expedientes técnicos y demás documentación técnica y contractual pertinente;

Que, por Memorándum (M) N° 009-2012-MTC/02, de fecha 25.01.2012, el Viceministro de Transportes designó a un Grupo de Trabajo integrado por profesionales de: la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, PROVIAS NACIONAL, PROVIAS DESCENTRALIZADO y la Dirección General de Concesiones en Transportes, para encargarse de la revisión y complementación de dicho documento normativo. El citado grupo, mediante Memorándum N° 002-2012-MTC/14.04.CGT de fecha 16.03.2012, hizo entrega al Despacho del Viceministro de Transportes, el trabajo que había realizado;

Que, la Dirección de Normatividad Vial, mediante el Informe N° 046-2012-MTC/14.04 de fecha 29.03.2012, e Informe Técnico N° 001-2012-MTC/14.04, sustentó la publicación del proyecto normativo "Glosario de Partidas" aplicables a obras de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras y puentes, correspondiente; a efecto recibir los comentarios, observaciones, y sugerencias de los usuarios, administrados y público en general;

Que, en atención a ello, y en cumplimiento de lo dispuesto por el "Reglamento que establece disposiciones relativas a la Publicidad, Publicación de Proyectos

Normativos y Difusión de Normas Legales de Carácter General", aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS, y la Directiva N° 001-2011-MTC/01-"Directiva que establece el procedimiento para realizar la publicación de proyectos de normas legales" aprobado por Resolución Ministerial N° 543-2011-MTC/01; la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles dispuso, mediante la Resolución Directoral N° 09-2012-MTC/14 de fecha 16.04.2012, la publicación del proyecto de norma en la Página Web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones por un plazo de cuarenta y cinco (45) días hábiles, con el objeto de recibir comentarios, observaciones y sugerencias de la ciudadanía en general. Dicha resolución, asimismo, fue publicada en el Boletín de Normas Legales del Diario Oficial El Peruano, con fecha 25.04.12;

Que, adicionalmente a tal publicación, la Dirección de Normatividad Vial realizó, en fecha 30 de Mayo del 2012, un Seminario Taller a fin de exponer los alcances del mencionado proyecto ante un grupo de profesionales invitados que realizan actividades relacionadas con la gestión de infraestructura vial;

Que, de otro lado, la Oficina General de Asesoría Jurídica, en Informe N° 1939-2012-MTC/08 de fecha 04.09.2012, ha señalado que esta norma, al tratarse de un dispositivo de carácter general, es de cumplimiento obligatorio por todos los niveles de gobierno así como por los administrados, debiendo ser publicado en el Diario Oficial El Peruano, de conformidad con lo señalado por el Decreto Supremo N° 014-2012-JUS, que ha modificado al artículo 9° del "Reglamento que establece disposiciones relativas a la Publicidad, Publicación de Proyectos Normativos y Difusión de Normas Legales de Carácter General", aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS;

Que, luego de recibida la totalidad de los comentarios y sugerencias de instituciones y de la ciudadanía en general, la Dirección de Normatividad Vial ha formulado la versión definitiva del "Glosario de Partidas" aplicables a obras de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras y puentes, por lo que, mediante Informe N° 104-2012-MTC/14.04 de fecha 14.09.2012, ha solicitado a la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, su aprobación correspondiente a través de la emisión de una Resolución Directoral;

Que, en virtud de lo expuesto, es pertinente dictar el acto administrativo correspondiente;

De conformidad con la Ley N° 29370-Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Decreto Supremo N° 021-2007-MTC y en uso de las facultades previstas en la Resolución Ministerial N° 506-2008-MTC/02;

SE RESUELVE:

Artículo Primero.- Aprobar el "Glosario de Partidas" aplicables a obras de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras y puentes, que constituye un documento de carácter normativo y de cumplimiento obligatorio; el cual obra en Anexo que consta de treinta y un (31) páginas, y cuyo original forma parte integrante de la presente Resolución Directoral.

Artículo Segundo.- Disponer la publicación de la presente Resolución Directoral y de su Anexo, en el Diario Oficial El Peruano; de conformidad con lo previsto en el artículo 9° del "Reglamento que establece disposiciones relativas a la Publicidad, Publicación de Proyectos Normativos y Difusión de Normas Legales de Carácter General", aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS.

Artículo Tercero.- La norma aprobada por el artículo primero de la presente resolución, entrará en vigencia a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano. Asimismo, su aplicación comprende a los proyectos viales en los cuales la elaboración de sus estudios de pre inversión y definitivos no ha sido iniciada aún, a la fecha de entrada en vigencia de la norma.

Artículo Cuarto.- Disponer la remisión a la Dirección General de Desarrollo y Ordenamiento Jurídico del Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, en un plazo no mayor de tres (3) días hábiles de la publicación de la norma legal en el Diario Oficial El Peruano, copia autenticada y el archivo electrónico del anexo respectivo.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

WALTER N. ZECENARRO MATEUS
Director General
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

GLOSARIO DE PARTIDAS APLICABLES A OBRAS DE REHABILITACIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUNTES

PRESENTACIÓN

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial y fiscalizar su cumplimiento.

La Dirección General de Caminos y Ferrocarriles es el órgano de línea de ámbito nacional encargada de normar sobre la gestión de la infraestructura de caminos, puentes y ferrocarriles; así como de fiscalizar su cumplimiento.

El "Glosario de Partidas" aplicables a obras de construcción, mejoramiento, y rehabilitación de carreteras y puentes, es un documento técnico de carácter oficial, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial, de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local.

Tiene como objetivo, la estandarización y ordenamiento de las partidas aplicables a las obras antes indicadas, con la finalidad de uniformizar la documentación oficial correspondiente a los metrados, costos, presupuestos y otros, de los estudios, obras y demás documentación técnica y contractual pertinente.

El "Glosario de Partidas" está ordenado secuencialmente y contiene el código, nombre, unidad de medida, definición y precisión de las partidas genéricas y específicas de cada una de las etapas de ejecución de las indicadas obras viales; así mismo, se indica la correspondencia con los códigos de los capítulos y secciones del "Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras" (EG).

El "Glosario de Partidas", debe ser utilizado sin modificación alguna; en todo caso, si durante la elaboración de los estudios o ejecución de las obras, surge la necesidad de incluir partidas no contempladas, se propondrá como "Partida Especial" ante el órgano contratante, quien se encargará de su aprobación y reporte al órgano normativo de la infraestructura vial del MTC. Así mismo puede incluirse las subpartidas necesarias para el desarrollo de un proyecto.

El contenido del "Glosario de Partidas" es concordante con el del "Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras" (EG); por tanto, la ejecución de cada partida se realizará acorde a lo establecido en dichas Especificaciones Técnicas, que entre otros hacen referencia a los planos, planes de manejo ambiental, otros documentos contractuales y disposiciones del Supervisor, según sea el caso; así como a la provisión y suministro de manera integral de los recursos de mano de obra, materiales y equipos requeridos.

Teniendo en consideración que como toda ciencia y técnica, la ingeniería vial está en permanente cambio e innovación, es necesario que el presente documento sea revisado y actualizado periódicamente por el órgano normativo de la infraestructura vial del MTC.

Finalmente, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones agradece la labor y aportes de las dependencias y profesionales que han hecho posible la elaboración del presente documento y en especial la contribución del Ing. Luis Alfonso Mares Medina a través de su libro "Manual de Partidas y Costos".

Lima, Julio de 2012

"GLOSARIO DE PARTIDAS"

APLICABLES A OBRAS DE REHABILITACIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUNTES

CARRETERAS

RESUMEN

Código	NOMBRE DE PARTIDA	Unidad
100.00	TRABAJOS PRELIMINARES	
101.00	Movilización y desmovilización de equipo	Glb.
102.00	Topografía y georeferenciación	km
103.00	Mantenimiento de tránsito temporal y seguridad vial	Glb.

Código	NOMBRE DE PARTIDA	Unidad
104.00	Campamentos	Glb.
105.00	Accesos provisionales	km
200.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS	
201.00	Desbroce y limpieza del terreno	ha
202.00	Excavación en material suelto	m ³
203.00	Excavación en roca fracturada (suelta)	m ³
204.00	Excavación en roca fija	m ³
205.00	Excavación sin clasificar	m ³
206.00	Perfilado y compactado en zonas de corte	m ²
207.00	Remoción de Derrumbes	m ³
208.00	Terraplenes con material propio	m ³
209.00	Terraplenes con material propio transportado	m ³
210.00	Terraplenes con material de préstamo lateral	m ³
211.00	Terraplenes con material de cantera	m ³
212.00	Mejoramiento de suelos de fundación de terraplenes	m ³
213.00	Mejoramiento de suelos a nivel de subrasante	m ²
214.00	Pedraplenes	m ³
215.00	Obras de encauzamiento	m ³
216.00	Conformación y acomodo de DME	m ³
217.00	Desquínche y peinado de taludes	m ²
218.00	Banquetas de estabilización	m ³
219.00	Tendido de taludes en corte	m ²
300.00	AFIRMADOS	
301.00	Afirmado granular	m ²
302.00	Afirmado granular con estabilizadores de suelos	m ²
400.00	PAVIMENTOS	
401.00	Capa antiscontaminante	m ²
402.00	Sub-base granular	m ²
403.00	Base granular	m ²
404.00	Bases estabilizadas	m ²
405.00	Base asfáltica	m ²
406.00	Imprimación asfáltica	m ²
407.00	Riego de liga	m ²
408.00	Tratamiento superficial monocapa	m ²
409.00	Tratamiento superficial bicapa	m ²
410.00	Sello asfáltico	m ²
411.00	Sello de fisuras	m
412.00	Sello de grietas	m
413.00	Parchado superficial	m ²
414.00	Parchado profundo	m ²
415.00	Fresado de pavimentos asfálticos	m ²
416.00	Pavimento de concreto asfáltico en caliente	m ³
417.00	Pavimento de concreto asfáltico en caliente modificado con polímeros	m ³
418.00	Pavimento de concreto asfáltico en caliente reciclado	m ³
419.00	Pavimento de concreto asfáltico en frío	m ³
420.00	Pavimento de concreto asfáltico en frío reciclado	m ³
421.00	Pavimentos con emulsiones asfálticas	m ²
422.00	Pavimento de concreto hidráulico	m ²
423.00	Pavimento de adoquines de concreto	m ²
424.00	Pavimento de adoquines de piedra	m ²
425.00	Pavimento de piedra emboquillada	m ²
500.00	DRENAJE	
501.00	Excavación para estructuras en material común en seco.	m ³
502.00	Excavación para estructuras en material común bajo agua.	m ³
503.00	Excavación para estructuras en roca en seco	m ³
504.00	Excavación para estructuras en roca bajo agua	m ³
505.00	Relleno para estructuras	m ³
506.00	Capa filtrante en estructuras	m ²

Código	NOMBRE DE PARTIDA	Unidad
507.00	Alcantarillas de tubería metálica corrugada	m
508.00	Alcantarillas de tubería de concreto y otros	m
509.00	Alcantarillas tipo marco	m
510.00	Subdrenes	m
511.00	Cabezales de alcantarillas	Und.
512.00	Revestimiento de cauces de alcantarillas	m ²
513.00	Badenes	m ²
514.00	Cunetas revestidas de concreto	m
515.00	Zarjes de coronación	m
600.00	OBRAS COMPLEMENTARIAS	
601.00	Mampostería	m ³
602.00	Muros de concreto ciclópeo	m ²
603.00	Muros de concreto armado	m ³
604.00	Gaviones	m ³
605.00	Defensas ribereñas	m
606.00	Demoliciones	m ²
607.00	Instalaciones para fibra óptica	m
608.00	Delimitación y señalización del Derecho de Vía	km
609.00	Reubicación de instalaciones eléctricas, sanitarias y otras.	Glb.
700.00	TRANSPORTE	
701.00	Transporte de materiales granulares entre 120 m y 1000 m.	m ³ -km
702.00	Transporte de materiales granulares a más de 1000 m.	m ³ -km
703.00	Transporte de materiales excedentes entre 120 m y 1000 m.	m ³ -km
704.00	Transporte de materiales excedentes a más de 1000 m.	m ³ -km
705.00	Transporte de mezclas asfálticas hasta 1000 m.	m ³ -km
706.00	Transporte de mezclas asfálticas a más de 1000 m.	m ³ -km
707.00	Transporte de roca entre 120 m y 1000 m.	m ³ -km
708.00	Transporte de Roca a más de 1000 m.	m ³ -km
800.00	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL	
801.00	Señales preventivas	Und.
802.00	Señales reglamentarias	Und.
803.00	Señales informativas	Und.
804.00	Postes de kilometraje	Und.
805.00	Marcas en el pavimento	m ²
806.00	Barreras de seguridad vial	m
807.00	Guardavías metálicas	m
808.00	Reductores de velocidad	Und.
809.00	Captafaros	Und.
900.00	PROTECCION AMBIENTAL	
901.00	Eliminación de residuos industriales	ha
902.00	Capa superficial de suelo	ha
903.00	Recuperación ambiental de áreas afectadas	ha
904.00	Señalización ambiental	Und.
905.00	Monitoreo de la calidad del agua.	Pto.
906.00	Monitoreo de la calidad del aire.	Pto.
907.00	Monitoreo de ruidos	Pto.

GLOSARIO DE PARTIDAS

CARRETERAS

Código	NOMBRE DE PARTIDA	Unidad	Definición	Precisión	Código Manual-EG
100.00	TRABAJOS PRELIMINARES				
101.00	Movilización y desmovilización de equipo	Glb.	Traslado de equipos (transportables y autotransportables) y operarios necesarios para la ejecución de las obras, desde su lugar de origen y su respectivo retorno.	Incluye carga, transporte, descarga, manipuleo, y operadores, permisos y seguros requeridos.	101

Código	NOMBRE DE PARTIDA	Unidad	Definición	Precisión	Código Manual-EG	Código	NOMBRE DE PARTIDA	Unidad	Definición	Precisión	Código Manual-EG
102.00	Topografía y georeferenciación	km	Trabajos de replanteo y otros de topografía y georeferenciación requeridos durante la ejecución de las obras.	Incluye el trazo de las modificaciones aprobadas.	102				Actividad de escarificar, nivelar y compactar el terreno de fundación, así como de conformar y compactar el relleno (base, cuerpo y corona) hasta su total culminación, con materiales provenientes de las excavaciones del prisma vial y fuera de la distancia libre de transporte.	Incluye la ejecución de obras de drenaje, previas a la conformación del terraplén.	205
103.00	Mantenimiento de tránsito temporal y seguridad vial	Cib.	Actividades de conservación o mantenimiento vial durante el período de ejecución de las obras, así como las relacionadas con la seguridad vial durante las 24 horas del día.	Incluye todas las actividades, facilidades, dispositivos y operaciones necesarias para garantizar el tránsito vehicular y seguridad de los trabajadores y usuarios vulnerables.	103	209.00	Terraplenes con material propio transportado	m ³			205
104.00	Campamentos	Cib.	Construcciones necesarias para instalar la infraestructura que permita albergar a los trabajadores, insumos, maquinaria, equipos y otros.	Incluye la carga, descarga y transporte de ida y vuelta, manipuleo, almacenamiento, permisos, seguros y otros.	104	210.00	Terraplenes con material de préstamo lateral	m ³	Actividad de escarificar, nivelar y compactar el terreno de fundación, así como de conformar y compactar el relleno (base, cuerpo y corona) hasta su total culminación, con materiales provenientes de excavaciones fuera del prisma vial y dentro de la distancia libre de transporte.	Incluye la ejecución de obras de drenaje, previas a la conformación del terraplén.	205
105.00	Accesos provisionales	km	Habilitación construcción de accesos provisionales a canchales, depósitos de material excedente (DME), fuentes de agua, plantas de procesamiento de materiales, campamentos y otros necesarios para la ejecución de las obras.	Incluye, el mantenimiento de los accesos durante el proceso de construcción.	103 y 104				Actividad de escarificar, nivelar y compactar el terreno de fundación, así como de conformar y compactar el relleno (base, cuerpo y corona) hasta su total culminación, con materiales provenientes de canchales o fuentes de materiales debidamente aprobadas.	Incluye la ejecución de obras de drenaje, previas a la conformación del terraplén.	205
200.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS										
201.00	Desbroce y limpieza del terreno	ha	Actividades de rozar y desbrozar la vegetación existente, destruir y desmenuzar árboles, así como limpiar el terreno en las áreas que ocuparán las obras y las zonas laterales requeridas.		201	211.00	Terraplenes con material de canchales	m ³			205
202.00	Excavación en material suelto	m ³	Actividades de corte, remoción y traslado hasta la distancia libre de transporte, de materiales dentro del prisma vial, mediante el uso de maquinaria o mano de obra.	Incluye, la excavación y perfilado de taludes y cunetas dentro del prisma vial.	202	212.00	Mejoramiento de suelos de fundación de terraplenes	m ³	Actividad de excavar y rellar el terreno de fundación inadecuado del terraplén y su reemplazo mediante terraplenes o pedraplenes debidamente conformados, acomodados y/o compactados con materiales aprobados.	Los materiales aprobados pueden provenir de excavaciones del prisma vial, préstamo lateral o canchales.	207
203.00	Excavación en roca fracturada (suelta)	m ³	Actividades de corte, remoción y traslado hasta la distancia libre de transporte, de materiales dentro del prisma vial, mediante el uso de maquinaria con accesorios auxiliares (pipers u otros) y de ser el caso, explosivos en pequeña magnitud.	Incluye, la excavación y perfilado de taludes y cunetas dentro del prisma vial.	202	213.00	Mejoramiento de suelos a nivel de subrasante	m ³	Actividad de excavar el terreno por debajo de la subrasante y su reemplazo con materiales aprobados debidamente conformados y compactados.	La subrasante puede corresponder a zonas de corte o relleno.	207
204.00	Excavación en roca fija	m ³	Actividades de corte, remoción y traslado hasta la distancia libre de transporte, de materiales dentro del prisma vial, que por su consistencia requieren el uso de maquinaria con accesorios auxiliares (pipers u otros) y explosivos para facilitar su fragmentación y remoción.	Incluye, la excavación y perfilado de taludes y cunetas dentro del prisma vial.	202	214.00	Pedraplenes	m ³	Actividad de preparar la superficie de apoyo del pedraplen, así como, conformar y compactar el relleno (base, cuerpo y corona) hasta su total culminación, con materiales pétreos debidamente aprobados.	Previamente deben ejecutarse las obras de drenaje, subdrenaje y demás obras previas requeridas.	206
205.00	Excavación sin clasificar	m ³	Actividades de corte, remoción y traslado hasta la distancia libre de transporte, de materiales no clasificados dentro del prisma vial, ponderando y promediando los volúmenes correspondientes a las excavaciones en material suelto, roca fracturada y roca fija.	Incluye, la excavación y perfilado de taludes y cunetas dentro del prisma vial.	202	215.00	Obras de encauzamiento	m ³	Actividades de alinear, acomodar, ampliar o profundizar los cauces de ríos y quebradas, para facilitar el flujo de cuerpos de agua, proteger la vía y mejorar el funcionamiento de las obras de drenaje, complementarias y puentes.	Incluye la eliminación de buzacos o aburiones y materiales que resulten excedentes de las labores de encauzamiento.	208
206.00	Perfilado y compactado en zonas de corte	m ²	Actividades de escarificación, nivelación y compactación de la subrasante dentro del prisma vial.	Las actividades indicadas se realizan en función a las características del terreno excavado.	202	216.00	Conformación y acomodo de DME	m ³	Actividad de acondicionamiento y disposición final, de los materiales excedentes de la obra en lugares debidamente autorizados (DME).	Incluye la obtención de permisos y autorizaciones correspondientes.	209
207.00	Remoción de Desarribes	m ³	Actividad de remover y trasladar hasta la distancia libre de transporte, materiales provenientes de la caída y/o desplazamiento de los taludes de la vía.	Incluye los elementos de seguridad vial necesarios.	203	217.00	Desquinche y peinado de taludes	m ²	Actividades manuales y/o mecánicas, de eliminar rocas o materiales inestables ubicados en los taludes existentes, así como su alineamiento y perfilado.	Incluye la eliminación de los materiales excedentes dentro de la distancia libre de transporte.	202
208.00	Terraplenes con material propio	m ³	Actividad de escarificar, nivelar y compactar el terreno de fundación, así como de conformar y compactar el relleno (base, cuerpo y corona) hasta su total culminación, con materiales provenientes de las excavaciones del prisma vial y dentro de la distancia libre de transporte.	Incluye la ejecución de obras de drenaje, previas a la conformación del terraplén.	205	218.00	Banquetas de estabilización	m ³	Construcción de terrazas sucesivas, con la finalidad de dar estabilidad a los taludes de corte. Por lo general, estos trabajos se realizan en caso de taludes muy altos o presentan evidente inestabilidad.	Incluye, los elementos de seguridad del personal y seguridad vial requeridos.	202

Código	NOMBRE DE PARTIDA	Unidad	Definición	Precisión	Código Manual-EG
219.00	Tendido de taludes en corte	m ²	Actividad de reducir la pendiente del talud de corte, mediante el retiro o excavación de materiales con la finalidad de mejorar su estabilidad.	Incluye, los elementos de seguridad del personal y seguridad vial requeridos.	202
300.00	AFIRMADOS				
301.00	Afirmado granular	m ²	Actividad de conformar y compactar una o más capas de afirmado como superficie de rodadura de una carretera, con materiales debidamente aprobados y obtenidos de forma natural o procesados.	Los materiales aprobados son provenientes de canteras u otras fuentes.	301
302.00	Afirmado granular con estabilizadores de suelos	m ²	Actividad de conformar y compactar una o más capas de afirmado como superficie de rodadura de una carretera, con materiales debidamente aprobados y obtenidos de forma natural o procesados, con adición de estabilizadores de suelos.	Los materiales aprobados son provenientes de canteras u otras fuentes. Incluye el aprovisionamiento de los estabilizadores de suelos.	301
400.00	PAVIMENTOS				
401.00	Capa anticontaminante	m ²	Construcción de una o más capas de materiales anticontaminantes que pueden ser obtenidos en forma natural o procesados debidamente aprobados, con la finalidad de evitar efectos de capilaridad o contaminación de las capas superiores del pavimento.	Los materiales aprobados son provenientes de canteras u otras fuentes.	401
402.00	Sub-base granular	m ²	Construcción de una o más capas de materiales granulares que pueden ser obtenidos en forma natural o procesados, debidamente aprobados, que se colocan sobre una superficie preparada.	Los materiales aprobados son provenientes de canteras u otras fuentes.	402
403.00	Base granular	m ²	Construcción de una o más capas de materiales granulares que pueden ser obtenidos en forma natural o procesados, debidamente aprobados, que se colocan sobre una sub-base, afirmado o sub-rasante.	Los materiales aprobados son provenientes de canteras u otras fuentes.	403
404.00	Bases estabilizadas	m ²	Construcción de una o más capas de materiales granulares que pueden ser obtenidos en forma natural o procesados, con inclusión de algún tipo de estabilizador, debidamente aprobados, que se colocan sobre una sub-base, afirmado o sub-rasante.	Los materiales aprobados son provenientes de canteras u otras fuentes. Incluye el aprovisionamiento de los estabilizadores.	403
405.00	Base asfáltica	m ²	Construcción de una o más capas de materiales granulares que pueden ser obtenidos en forma natural o procesados, con inclusión de material asfáltico, debidamente aprobados, que se colocan sobre una sub-base, afirmado o sub-rasante.	Los materiales aprobados son provenientes de canteras u otras fuentes, incluyendo el aprovisionamiento del material asfáltico.	403
406.00	Imprimación asfáltica	m ²	Riego asfáltico sobre la superficie de una base debidamente preparada, con la finalidad de recibir una capa de pavimento asfáltico o de impermeabilizar y evitar la disgregación de otras superficies.	Incluye la aplicación de arena cuando sea requerido.	416
407.00	Riego de liga	m ²	Riego asfáltico sobre la superficie asfáltica, o de concreto de cemento Portland, previa a la colocación de otra capa bituminosa, para facilitar la adherencia entre ambas.		417

Código	NOMBRE DE PARTIDA	Unidad	Definición	Precisión	Código Manual-EG
408.00	Tratamiento superficial monocapa	m ²	Colocación de una capa de tratamiento superficial (asfalto, agregados y de ser el caso, aditivos) sobre la superficie de una base imprimada o cualquier otra, preparada con tal finalidad.	Incluye el aprovisionamiento del aditivo requerido.	418
409.00	Tratamiento superficial bicapa	m ²	Colocación de dos capas de tratamientos superficiales (asfalto, agregados y de ser el caso, aditivos) sobre la superficie de una base imprimada o cualquier otra, preparada con tal finalidad.	Incluye el aprovisionamiento del aditivo requerido.	418
410.00	Sello asfáltico	m ²	Aplicación de un material asfáltico, sobre la superficie de un pavimento existente, seguida con la extensión y compactación de una capa de arena.	La arena proviene de canteras u otras fuentes debidamente aprobadas.	418
411.00	Sello de fisuras	m	Preparación de la superficie afectada, y la aplicación de material bituminoso en las fisuras existentes en el pavimento.	Incluye el aprovisionamiento de material bituminoso de manera integral.	421
412.00	Sello de grietas	m	Preparación de la superficie afectada, y aplicación de material o mezcla bituminosa en las grietas existentes en el pavimento.	Incluye el aprovisionamiento de material o mezcla bituminosa de manera integral.	422
413.00	Parchado superficial	m ²	Eliminación del material del área afectada de la capa de rodadura del pavimento y su remplazo con nuevo material de pavimento, debidamente aprobado.	Incluye el aprovisionamiento del material de remplazo de manera integral.	424
414.00	Parchado profundo	m ²	Eliminación del material del área afectada de la capa de rodadura y demás capas inferiores del pavimento y su remplazo con nuevos materiales de pavimento, debidamente aprobados.	Incluye el aprovisionamiento del material de remplazo de manera integral.	424
415.00	Fresado de pavimentos asfálticos	m ²	Actividad de cortar total o parcialmente la capa de rodadura del pavimento.	Incluye el transporte del material cortado, de ser el caso.	435
416.00	Pavimento de concreto asfáltico en caliente	m ²	Fabricación de mezclas asfálticas en caliente y su colocación en una o más capas sobre una superficie debidamente preparada e imprimada.	Incluye el aprovisionamiento de todos los materiales requeridos.	423
417.00	Pavimento de concreto asfáltico en caliente modificado con polímeros	m ²	Fabricación de mezclas en caliente con asfaltos modificados con polímeros y su colocación en una o más capas sobre una superficie debidamente preparada e imprimada.	Incluye el aprovisionamiento de todos los materiales requeridos.	423 y 431
418.00	Pavimento de concreto asfáltico en caliente reciclado	m ²	Fabricación de mezclas en caliente utilizando materiales reciclados provenientes de pavimentos antiguos (fresado o eliminado) y adición de nuevos materiales, así como, su colocación en una o más capas, sobre una superficie debidamente preparada e imprimada.	Incluye el aprovisionamiento de todos los materiales requeridos.	423
419.00	Pavimento de concreto asfáltico en frío	m ²	Fabricación de mezclas asfálticas en frío y su colocación en una o más capas, sobre una superficie debidamente preparada e imprimada.	Incluye el aprovisionamiento de todos los materiales requeridos.	424
420.00	Pavimento de concreto asfáltico en frío reciclado	m ²	Fabricación de mezclas asfálticas en frío utilizando materiales reciclados provenientes de pavimentos antiguos (fresado o eliminado) y adición de nuevos materiales, así como, su colocación en una o más capas sobre una superficie debidamente preparada e imprimada.	Incluye el aprovisionamiento de todos los materiales requeridos.	424

Código	NOMBRE DE PARTIDA	Unidad	Definición	Precisión	Código Manual-EG	Código	NOMBRE DE PARTIDA	Unidad	Definición	Precisión	Código Manual-EG	
421.00	Pavimentos con emulsiones asfálticas	m ²	Construcción de capas asfálticas (impregnación, riegos de liga, sellos, tratamientos superficiales, micropavimentos y morteros) con emulsiones asfálticas de diferentes tipos y características de rotura.	Incluye el aprovisionamiento de las emulsiones asfálticas puestas en obra.	427	509.00	Alcantarillas tipo marro	m	Construcción de estructuras de concreto reforzado generalmente ejecutadas in situ, para el paso de agua superficial y desagües pluviales transversales.	Incluye la construcción de solados, conexión a cabezales u obras de manera integral.	503	
422.00	Pavimento de concreto hidráulico	m ²	Fabricación de mezclas de concreto hidráulico con cemento Portland y su colocación, con o sin refuerzo, sobre una superficie debidamente preparada.	Incluye el aprovisionamiento del concreto hidráulico puesto en obra, así como de aditivos requeridos, de ser el caso.	438	510.00	Subdrenes	m	Construcción de estructuras drenantes del pavimento o subsuelo con la finalidad de captar y evacuar aguas subterráneas, utilizando materiales filtrantes, tales como: piedra, grava, tubería perforada, geotextiles y otros debidamente aprobados.	Incluye el suministro de los materiales requeridos de manera integral.	509	
423.00	Pavimento de adoquines de concreto	m ²	Colocación de una capa de adoquines de concreto, confinados, sellados y asentados en una cama de arena, sobre una superficie debidamente preparada.	Incluye el aprovisionamiento de los adoquines de concreto, arena y material de sello, puestos en obra.	440	511.00	Cabezales de alcantarillas	Und.	Construcción de estructuras de concreto simple, ciclópeo o reforzado a ambos lados de una alcantarilla, con fines de seguridad vial y evitar efectos de erosión y socavación en las zonas de entrada y salida.	Incluye la construcción de solados y pantallas.	503 y 601	
424.00	Pavimento de adoquines de piedra	m ²	Colocación de una capa de adoquines de piedra, confinados, sellados y asentados en una cama de arena, sobre una superficie debidamente preparada.	Incluye el aprovisionamiento de los adoquines de piedra, arena y material de sello, puestos en obra.	440	512.00	Revestimiento de cauces de alcantarillas	m ²	Ejecución de obras de concreto, mampostería u otros, con la finalidad de facilitar el curso de las aguas y evitar desbordes, erosión y otros daños a la misma o a cualquier parte de la carretera.	Incluye la conexión a cabezales u obras existentes o nuevas de manera integral.	503	
425.00	Pavimento de piedra emboquizada	m ²	Colocación de una capa de piedra labrada o canto rodado, asentado en mortero de cemento Portland, sobre una superficie debidamente preparada.	Incluye el aprovisionamiento de la piedra labrada, canto rodado y mortero de cemento Portland, puestos en obra.	440	513.00	Badenes	m ²	Construcción de estructuras de concreto, mampostería u otros en el cauce de una quebrada, que servirá como superficie de rodadura, así como para el pase del agua y materiales de anastre.		503 y 601	
500.00	DRENAJE						514.00	Cunetas revestidas de concreto	m	Acondicionamiento del terreno de las cunetas y su recubrimiento con concreto, para evitar filtraciones y facilitar el escurrimiento de las aguas.		503
501.00	Excavación para estructuras en material común en seco.	m ³	Ejecución de excavaciones en seco, para fundación de estructuras diversas, en materiales comunes (suelos y/o rocas fragmentadas).	Incluye el uso eventual de explosivos.	501	515.00	Zanjas de coronación	m	Construcción de canchales sin revestir o revestidos de concreto, en la parte superior de los taludes de corte, para conducir las aguas de escorrentía y evitar efectos de erosión.	Incluye la conexión a obras existentes o nuevas de manera integral.	501	
502.00	Excavación para estructuras en material común bajo agua.	m ³	Ejecución de excavaciones por debajo del nivel freático, para fundación de estructuras diversas, en materiales comunes (suelos y/o rocas fragmentadas).	Incluye el uso eventual de explosivos, así como de equipos de bombeo, entibado y ataguías, según sea el caso.	501	600.00	OBRAS COMPLEMENTARIAS					
503.00	Excavación para estructuras en roca en seco	m ³	Ejecución de excavaciones en seco, para fundación de estructuras diversas, en material rocoso que requiere el uso sistemático de explosivos.	Incluye el uso de explosivos de manera integral.	501	601.00	Mampostería	m ²	Construcción de estructuras de diversos tipos, de piedra labrada, ladrillo u otros materiales, generalmente asentados con mortero de cemento.		601	
504.00	Excavación para estructuras en roca bajo agua	m ³	Ejecución de excavaciones por debajo del nivel freático, para fundación de estructuras diversas, en material rocoso, mediante el uso sistemático de explosivos.	Incluye el uso de explosivos de manera integral, así como equipos de bombeo, entibado y ataguías, según sea el caso.	501	602.00	Muros de concreto ciclópeo	m ²	Construcción de estructuras de sostenimiento o contención de concreto estructural con adición de un porcentaje de piedra grande debidamente aprobada.	Incluye el uso de aditivos, ejecución de juntas y acabados en general.	503	
505.00	Relleno para estructuras	m ³	Construcción de capas compactadas de relleno para obras de concreto y drenaje, con materiales aprobados provenientes de excavaciones u otras fuentes.		502	603.00	Muros de concreto armado	m ²	Construcción de estructuras de sostenimiento o contención de concreto estructural con acero de refuerzo.	Incluye el uso de aditivos, ejecución de juntas y acabados en general.	503 y 504	
506.00	Capa filtrante en estructuras	m ³	Construcción de capas de filtro drenante con grava o piedra debidamente aprobadas, en rellenos de estructuras de concreto y drenaje.		514	604.00	Gaviones	m ²	Construcción de estructuras de sostenimiento o contención, mediante enrejado metálico tipo canasta y relleno con materiales pétreos debidamente aprobados.	Incluye el aprovisionamiento de los materiales de manera integral.	602	
507.00	Alcantarillas de tubería metálica corrugada	m	Instalación de tubos de acero corrugado galvanizado, para el paso de agua superficial y desagües pluviales transversales.	Incluye la construcción de solados, conexión a cabezales u obras existentes o nuevas de manera integral.	507	605.00	Defensas ribereñas	m	Construcción de estructuras en taludes, plataformas, puentes y otros elementos de la carretera, para evitar los efectos de erosión de las aguas, por lo general utilizando rocas, gaviones y otros materiales debidamente aprobados.		603	
508.00	Alcantarillas de tubería de concreto y otros	m	Instalación de tubos de concreto simple o de solados, conexión reforzada, polietileno, pvc y otros debidamente aprobados, para el paso de agua superficial y desagües pluviales transversales.	Incluye la construcción de solados, conexión a cabezales u obras existentes o nuevas, de manera integral.	505, 506 y 508	606.00	Demoliciones	m ²	Actividad de demoler y remover total o parcialmente estructuras o edificaciones existentes, de acuerdo a las necesidades de la obra.	Incluye según corresponda, uso de explosivos, medidas de seguridad y autorizaciones.	604	

Código	NOMBRE DE PARTIDA	Unidad	Definición	Precisión	Código Manual-EG
607.00	Instalaciones para fibra óptica	m	Construcción de ductos y cámaras para la futura instalación de fibra óptica, de acuerdo a la normativa vigente sobre la materia.	Las instalaciones deben ubicarse dentro del derecho de vía de la carretera.	503 y 505
608.00	Definición y señalización del Derecho de Vía	km	Señalización e instalación de cerros vivos (árboles o arbustos), zarjas, pircas y otros en ambos lados del límite del Derecho de Vía.	Trabajos acordes a la normativa vigente. (R.M. N° 404-2011-MTC/02).	
609.00	Reubicación de instalaciones eléctricas, sanitarias y otras.	Glt.	Trabajos de remoción, traslado, instalación y montaje, según sea el caso, de instalaciones existentes con la finalidad de adaptarlas o acondicionarlas a las necesidades de la obra.	Incluye las autorizaciones permisos correspondientes.	
700.00	TRANSPORTE				
701.00	Transporte de materiales granulares entre 120 m y 1000 m.	m3-km	Trabajos de carga, transporte y descarga en los lugares de destino final, de materiales granulares en distancias de 120 m a 1000 m.		700
702.00	Transporte de materiales granulares a más de 1000m.	m3-km	Trabajos de carga, transporte y descarga en los lugares de destino final, de materiales granulares a distancias mayores a 1000 m.		700
703.00	Transporte de materiales excedentes entre 120 m y 1000 m.	m3-km	Trabajos de carga, transporte y descarga en los lugares de destino final, de materiales excedentes, en distancias de 120 m a 1000 m.	No incluye acondicionamiento de los materiales en DME.	700
704.00	Transporte de materiales excedentes a más de 1000m.	m3-km	Trabajos de carga, transporte y descarga en los lugares de destino final, de materiales excedentes a distancias mayores a 1000 m.	No incluye acondicionamiento de los materiales en DME.	700
705.00	Transporte de mezclas asfálticas hasta 1000 m.	m3-km	Trabajos de carga, transporte y descarga de mezclas asfálticas, desde la planta de producción hasta el lugar de la obra, en distancias hasta 1000 m.	La "carga" está referida al tiempo que demora la planta en abastecer al camión volquete.	700
706.00	Transporte de mezclas asfálticas a más de 1000m.	m3-km	Trabajos de carga, transporte y descarga de mezclas asfálticas, desde la planta de producción hasta el lugar de la obra, en distancias mayores a 1000 m.	La "carga" está referida al tiempo que demora la planta en abastecer al camión volquete.	700
707.00	Transporte de roca entre 120 m y 1000 m.	m3-km	Trabajos de carga, transporte y descarga en los lugares de destino final, de materiales rocosos en distancias de 120 m a 1000 m.		700
708.00	Transporte de Roca a más de 1000 m.	m3-km	Trabajos de carga, transporte y descarga en los lugares de destino final, de materiales rocosos a distancias mayores a 1000 m.		700
800.00	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL				
801.00	Señales preventivas	Und.	Colocación de dispositivos de control vertical permanente, con la finalidad de advertir al usuario sobre ciertas condiciones de la vía, que impliquen peligro y requieran precaución.	Norma: "Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras".	801
802.00	Señales reglamentarias	Und.	Colocación de dispositivos de control vertical permanente, con la finalidad de indicar al usuario las limitaciones o restricciones que gobiernan la vía.	Norma: "Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras".	802
803.00	Señales informativas	Und.	Colocación de dispositivos de control vertical permanente, con la finalidad de guiar al usuario hacia el lugar de destino, identificar rutas, puntos notables, señales de circulación, servicios auxiliares y otros.	Norma: "Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras".	803

Código	NOMBRE DE PARTIDA	Unidad	Definición	Precisión	Código Manual-EG
804.00	Postes de kilometraje	Und.	Colocación de hitos de concreto armado, que tienen por finalidad indicar el kilometraje de una vía, en forma progresiva.	Norma: "Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras".	810
805.00	Marcas en el pavimento	m²	Demarcación de la superficie de rodadura con pintura u otros materiales debidamente aprobados, con la finalidad de delimitar los bordes de la pista, separar los carriles de circulación, resaltar y delimitar las zonas de restricción y otros.	Norma: "Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras".	805
806.00	Barreras de seguridad vial	m	Instalación de estructuras metálicas flexibles, como elementos de seguridad vial, con la finalidad de contener el vehículo y evitar su despiste.	Norma: Directiva "Sistema de Contención de Vehículos Tipo Barreras de Seguridad".	806
807.00	Guardavías metálicas	m	Instalación de estructuras metálicas que por lo general se colocan en los bordes de las bermas, separadores centrales y otros lugares de la vía, con fines de señalización y contención vehicular.	La contención vehicular está referida a vehículos automotores livianos.	807
808.00	Reductores de velocidad	Und.	Construcción de estructuras de concreto sobre la superficie de rodadura, con la finalidad de reducir la velocidad de los vehículos en determinadas zonas.	Norma: Directiva "Reductores de Velocidad Tipo Resalto para el Sistema Nacional de Carreteras".	503
809.00	Captafaros	Und.	Colocación de dispositivos de señalización horizontal generalmente como complemento de marcas en el pavimento u otros lugares de la vía, con la finalidad de alertar, guiar o informar al usuario.		809
900.00	PROTECCION AMBIENTAL				
901.00	Eliminación de residuos industriales	ha	Retiro y/o tratamiento de sustancias y residuos líquidos y sólidos, resultantes de los procesos directos e indirectos relacionados con la ejecución de las obras, con la finalidad de preservar y/o restituir las condiciones ambientales.	Acorde al Plan del Manejo Ambiental.	
902.00	Capa superficial de suelo	ha	Colocación de capa de suelo suministrado o conservado, debidamente aprobado, con la finalidad de restaurar el suelo original y/o forestar áreas afectadas por la obra.	Acorde a la normativa vigente sobre la materia.	901
903.00	Recuperación ambiental de áreas afectadas	ha	Trabajo de restauración de las áreas afectadas por la construcción de la carretera, como carteras, depósito de material excedente (DME), campamentos, almacenes, patios de máquinas, plantas de producción o procesamiento de materiales, caminos provisionales y otros.	Acorde a la normativa vigente sobre la materia.	906
904.00	Señalización ambiental	Und.	Colocación y mantenimiento de dispositivos de información, restricción u otros, con la finalidad de prevenir al usuario y pobladores del entorno de la obra, sobre las acciones y previsiones de mitigación ambiental.	Acorde a la normativa vigente sobre la materia.	800, 801 y 803
905.00	Monitoreo de la calidad del agua.	Pto.	Análisis muestral del agua de cañerías fluviales y áreas auxiliares con la finalidad de detectar sustancias tóxicas o contaminantes y su mitigación.	Acorde a la normativa vigente sobre la materia.	905
906.00	Monitoreo de la calidad del aire.	Pto.	Análisis muestral del aire en las áreas de influencias de las plantas de producción y procesamiento de materiales, carteras y otras, con la finalidad de detectar sustancias tóxicas o contaminantes y su mitigación.	Acorde a la normativa vigente sobre la materia.	

ANEXO N° 7: PESOS Y MEDIDAS MÁXIMAS PERMITIDAS



TABLA DE PESOS Y MEDIDAS							TABLA DE PESOS Y MEDIDAS										
Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos	Long. Máx. (m)	Eje Delantero	Peso Máximo (1)				Peso Bruto Máx. (t)	Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos	Long. Máx. (m)	Eje Delantero	Peso Máximo (1)				Peso Bruto Máx. (t)
				Conjunto de ejes Posteriores									Conjunto de ejes Posteriores				
				1°	2°	3°	4°						1°	2°	3°	4°	
C2		12,30	7	11	—	—	—	18	8x4		13,20	7+7 ⁽²⁾	18	—	—	—	32
C2RB1		20,50	7	11	11	—	—	29	8x4 RB1		20,50	7+7 ⁽²⁾	18	11	—	—	43
C2RB2		20,50	7	11	18	—	—	36	8x4 RB2		20,50	7+7 ⁽²⁾	18	18	—	—	48 ⁽³⁾
C2R2		23,00	7	11	11	11	—	40	8x4 R2		23,00	7+7 ⁽²⁾	18	11	11	—	48 ⁽³⁾
C2R3		23,00	7	11	11	18	—	47	8x4 R3		23,00	7+7 ⁽²⁾	18	11	18	—	48 ⁽³⁾
C3		13,20	7	18	—	—	—	25	8x4 R4		23,00	7+7 ⁽²⁾	18	18	18	—	48 ⁽³⁾
C3R2		23,00	7	18	11	11	—	47	T2S1		20,50	7	11	11	—	—	29
C3R3		23,00	7	18	11	18	—	48 ⁽³⁾	T2S2		20,50	7	11	18	—	—	36
C3R4		23,00	7	18	18	18	—	48 ⁽³⁾	T2 Se2		20,50	7	11	11	11	—	40
C3RB1		20,50	7	18	11	—	—	36	T2S3		20,50	7	11	25	—	—	43
C3RB2		20,50	7	18	18	—	—	43	T2 Se3		20,50	7	11	11 ⁽²⁾	18	—	47
C4		13,20	7	23 ⁽³⁾	—	—	—	30	T3 S1		20,50	7	18	11	—	—	36
C4 RB1		20,50	7	23 ⁽³⁾	11	—	—	41	T3S2		20,50	7	18	18	—	—	43
C4 RB2		20,50	7	23 ⁽³⁾	18	—	—	48	T3Se2		20,50	7	18	11	11	—	47
C4 R2		23,00	7	23 ⁽³⁾	11	11	—	48 ⁽³⁾	T3S3		20,50	7	18	25	—	—	48 ⁽³⁾
C4 R3		23,00	7	23 ⁽³⁾	11	18	—	48 ⁽³⁾	T3Se3		20,50	7	18	11 ⁽²⁾	18	—	48 ⁽³⁾
B2		13,20	7	11	—	—	—	18	T3S2 S2		23,00	7	18	18	18	—	48 ⁽³⁾
B3-1		14,00	7	18	—	—	—	23	T3Se2 Se2		23,00	7	18	11+11 ⁽²⁾	11+11 ⁽²⁾	—	48 ⁽³⁾
B4-1		15,00	7+7 ⁽²⁾	18	—	—	—	30	T3S2 S1S2		23,00	7	18	18	11	18	48 ⁽³⁾
BA-1		18,30	7	11	7	—	—	25	T3Se2 S1Se2		23,00	7	18	11+11 ⁽²⁾	11	11+11 ⁽²⁾	48 ⁽³⁾

(1) Conjunto de ejes con un eje direccional

(2) Vehículo con facilidad de distribución de peso por ejes

(3) Conjunto de ejes separados compuesto por dos ejes simples donde la distancia entre centros de ruedas es superior a 2,40 m

(4) Eje direccional

(5) Carga máxima para conjunto de ejes direccionales compuestos por dos ejes simples donde la distancia entre centros de ruedas es superior a 1,75 m