



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones



CONSORCIO VIAL CUTERVO

ESTUDIO DE PRE INVERSIÓN A NIVEL DE PERFIL: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CUTERVO- SOCOTA-SAN ANDRÉS-SANTO TOMAS- PIMPINGOS-CUYCA POR NIVELES DE SERVICIO



VOLUMEN II ESTUDIO DE PRE INVERSION CAPITULO III: ESTUDIOS BASE 3.4 ESTUDIO DE PAVIMENTOS EXISTENTES Y DISEÑO DE PAVIMENTO BASICO – DISEÑO DE PAVIMENTO INFORME TECNICO N° 03: INFORME FINAL

MARZO 2015



CAPITULO III: ESTUDIOS BASE

3.5 ESTUDIO DE PAVIMENTOS EXISTENTES Y DISEÑO DE PAVIMENTO BASICO

| INDICE | Pág. |
|--|-----------|
| I. GENERALIDADES..... | 2 |
| 1.1 Objetivo..... | 2 |
| 1.2 Antecedentes..... | 2 |
| II. CARACTERIZACION CLIMATICA..... | 3 |
| 2.1 Generalidades..... | 3 |
| 2.2 Evaluación Climática..... | 3 |
| 2.3 Precipitaciones..... | 3 |
| 2.4 Altitud..... | 3 |
| III. ANALISIS DEL TRAFICO..... | 8 |
| 3.1 Generalidades..... | 8 |
| 3.2 Determinación del Imd actual..... | 8 |
| 3.3 Proyección del Tráfico Vehicular..... | 13 |
| 3.4 Número Acumulado de Repeticiones de Ejes Equivalentes..... | 13 |
| IV. CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS DE SUBRASANTE..... | 20 |
| 4.1 Generalidades..... | 20 |
| 4.2 Valores de CBR Obtenidos por Sectores Homogéneos..... | 20 |
| 4.3 Cálculo del CBR de diseño..... | 21 |
| V. DISEÑO DE PAVIMENTOS..... | 22 |
| 5.1 Alternativas..... | 22 |
| 5.2 Metodologías de Diseño..... | 22 |
| 5.3 Características de los Materiales..... | 22 |
| 5.4 Diseño de Pavimento Flexible con el Método AASHTO..... | 23 |
| 5.5 Diseño de Afirmado con el Método USACE..... | 30 |
| 5.6 Diseño de Afirmado con el Método NAASRA..... | 31 |
| VI. POLITICAS DE MANTENIMIENTO..... | 37 |
| VII. CONCLUSIONES..... | 38 |
| VIII. RECOMENDACIONES..... | 42 |

000001



I. GENERALIDADES

1.1 Objetivo

Desarrollar el Diseño de Pavimentos del Estudio de Preinversión a Nivel de Perfil de la Carretera: "Cutervo – Sócota - San Andrés - San Tomas – Pimpingos - Cuyca" por niveles de servicio; para las condiciones de tráfico, clima, suelos y materiales disponibles.

La finalidad es proporcionar una superficie uniforme, de color y texturas apropiados, resistentes a la acción del: tránsito, intemperismo y otros agentes perjudiciales; para transmitir adecuadamente a la subrasante los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito fluido de los vehículos, con seguridad, confort y economía.

1.2 Antecedentes

Los métodos de diseño que se aplicaran en el diseño en función al número de ejes equivalentes son:

- AASHTO 93
- USACE
- NAASRA (Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito)

Se trataran los siguientes factores incidentes en el comportamiento adecuado de la vía como:

- Clima, donde se analizará tanto las precipitaciones como la temperatura.
- Cargas aplicadas por el tráfico.
- Tipos de suelos y capacidad de soporte del suelo predominante.
- Determinar el diseño representativo de la demanda actual de la vía.

P-1
ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63373
JEFE DE ESTUDIOS

Ju. Parades H
ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 97589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos

000002



II. CARACTERIZACION CLIMATICA

2.1 Generalidades

La caracterización climática comprende básicamente el análisis de las variables climatológicas como son: precipitación y temperatura. Estos factores pueden afectar el comportamiento del pavimento, su resistencia, durabilidad y capacidad de carga del sistema estructural.

2.2 Evaluación Climática

El Tramo en estudio, se desarrolla por un ecosistema de clima templado, característico de la región Quechua, cuyos valores de temperatura se muestran a continuación:

- Cuadro N° 03: Temperatura Mínima Media Mensual (°C)
- Cuadro N° 04: Temperatura Máxima Media Mensual (°C)

De ambos cuadros, se obtiene el resumen de Temperaturas Mínima Media Mensual y Temperatura Máxima Media Mensual:

CUADRO N° 01
RESUMEN DE TEMPERATURAS MEDIA (°C)

| TEMPERATURA MÍNIMA MEDIA ANUAL | TEMPERATURA MAXIMA MEDIA ANUAL | TEMPERATURA MEDIA ANUAL |
|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| 13.2 (°C) | 25.9 (°C) | 19.6 (°C) |

2.3 Precipitaciones

De manera similar se han obtenido los registros de precipitaciones cuyos valores se muestran a continuación:

- Cuadro N° 05: Precipitación Media Mensual (mm)

De dicho cuadro, se obtiene el resumen de Precipitación Media Mensual:

CUADRO N° 02
RESUMEN DE PRECIPITACION MEDIA MENSUAL (mm)

| ESTACION | PRECIPITACION MEDIA MENSUAL |
|-----------|-----------------------------|
| CAJAMARCA | 21.4 mm |

P-1
 ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
 ING. CIVIL - CIP N° 63379
 JEFE DE ESTUDIOS

Ju Paredes H
 ING. AGUSTIN EDMUNDO TAREDES HEREDIA
 ING. GEOLÓGO - CIP N° 52589
 Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos

2.4 Altitud

El área de estudio, se encuentra ubicada a una altitud promedio de 2,616.00 msnm.
Aprox.

000003



PERU

Ministerio de Transportes y Comunicaciones



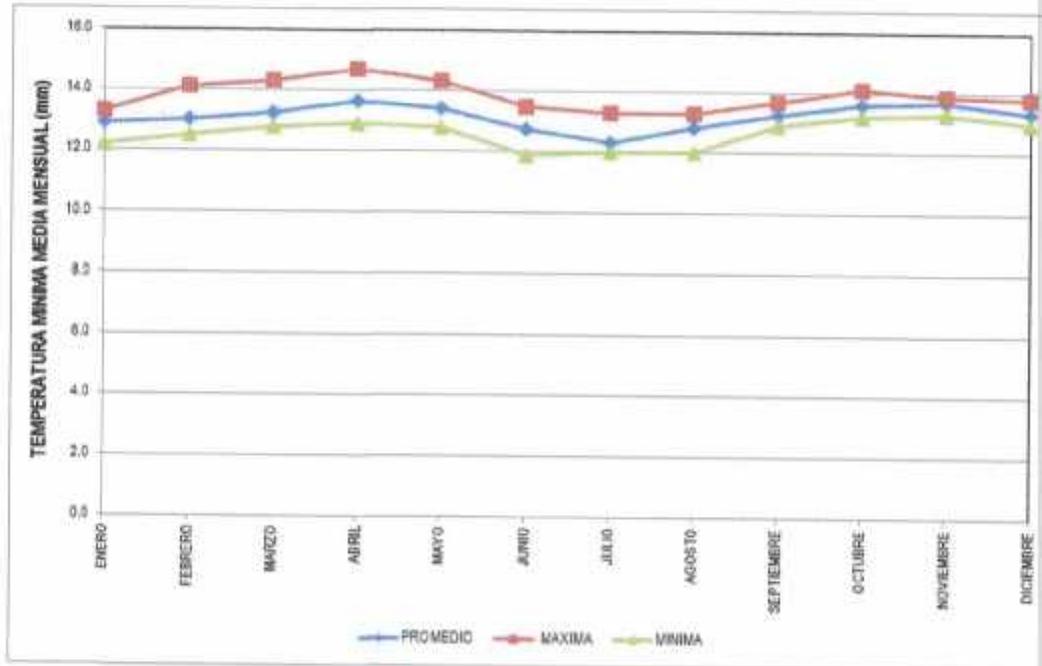
CUADRO N° 03
TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL (°C)

ESTACION : CUTERVO/000352/DRE-02
LATITUD : 6° 22' S
LONGITUD : 78° 48' W
ALTITUD : 2616 msnm

FUENTE : SENAMHI
DEPARTAMENTO : CAJAMARCA
PROVINCIA : CUTERVO
DISTRITO : CUTERVO

| AÑO | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | PROMEDIO |
|----------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|----------|
| 2004 | 13.3 | 13.0 | 13.0 | 13.5 | 13.5 | 11.9 | 12.1 | 12.0 | 13.2 | 13.4 | 13.9 | 13.8 | 13.1 |
| 2005 | 13.3 | 14.0 | 13.5 | 13.9 | 13.6 | 13.2 | 12.2 | 13.0 | 13.7 | 13.5 | 13.5 | 13.3 | 13.4 |
| 2006 | 13.0 | 13.3 | 13.0 | 13.3 | 12.8 | 12.5 | 12.2 | 12.8 | 13.5 | 14.1 | 13.9 | 13.6 | 13.2 |
| 2007 | 13.0 | 12.7 | 13.1 | 13.8 | 13.6 | 12.6 | 12.3 | 12.7 | 13.0 | 13.4 | 13.3 | 13.0 | 13.0 |
| 2008 | 12.2 | 12.5 | 12.8 | 12.9 | 13.0 | 12.5 | 12.3 | 13.0 | 13.3 | 13.2 | S/D | 13.5 | 12.8 |
| 2009 | 12.8 | 12.6 | S/D | 13.5 | 13.4 | 12.9 | 12.3 | 13.1 | 13.3 | 14.1 | 13.9 | 13.3 | 13.2 |
| 2010 | 13.2 | 14.1 | 14.3 | 14.7 | 14.3 | 13.5 | 13.3 | 13.3 | 13.6 | 13.8 | 13.4 | 13.0 | 13.7 |
| 2011 | 12.9 | 12.7 | 12.8 | 13.2 | 13.4 | 13.1 | 12.3 | 13.0 | 12.9 | 13.2 | 13.7 | 13.0 | 13.0 |
| 2012 | 12.8 | 12.6 | 13.2 | 13.6 | 13.2 | 12.8 | 12.3 | 12.7 | 12.9 | 13.7 | 13.9 | 13.4 | 13.1 |
| 2013 | 12.6 | 12.9 | 13.6 | 13.9 | S/D | 12.5 | 12.0 | 12.7 | 13.1 | S/D | S/D | S/D | 12.9 |
| PROMEDIO | 12.9 | 13.0 | 13.3 | 13.6 | 13.4 | 12.6 | 12.3 | 12.8 | 13.3 | 13.6 | 13.7 | 13.3 | 13.2 |
| MAXIMA | 13.3 | 14.1 | 14.3 | 14.7 | 14.3 | 13.5 | 13.3 | 13.3 | 13.7 | 14.1 | 13.9 | 13.8 | 13.9 |
| MINIMA | 12.2 | 12.5 | 12.8 | 12.9 | 12.8 | 11.9 | 12.0 | 12.0 | 12.9 | 13.2 | 13.3 | 13.0 | 12.6 |

GRAFICO N° 01
TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL (°C)



P-1
ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63379
JEFE DE ESTUDIOS

Ju Paredes H
ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos



En el cuadro anterior se puede observar que el valor de la temperatura mínima media mensual es de 13.2°C.

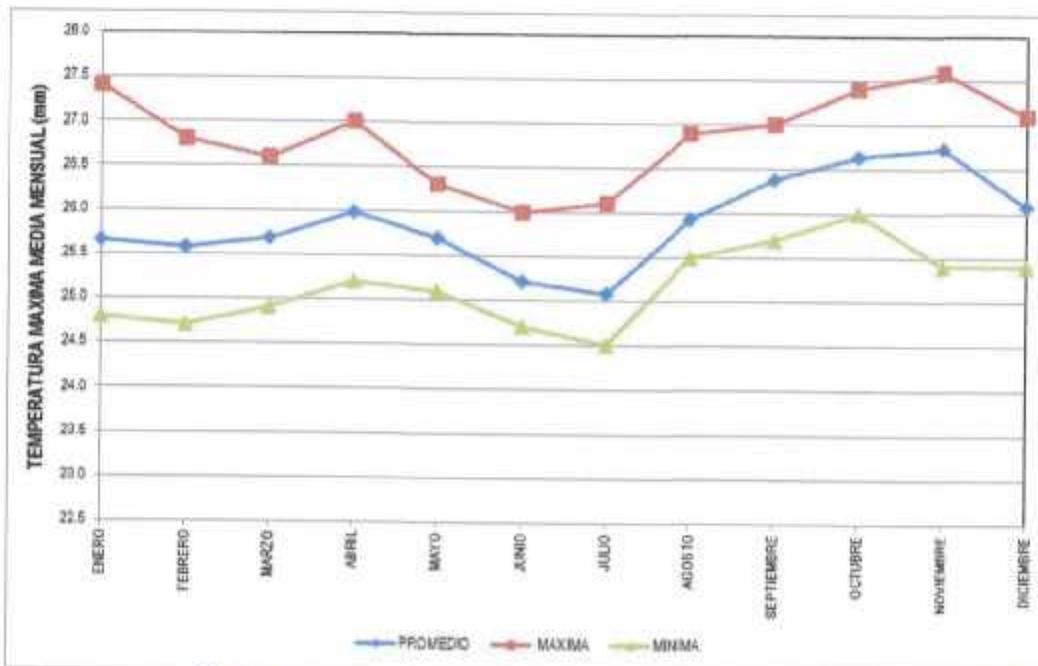
CUADRO N° 04 TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL (°C)

ESTACION : JAEN/000252/DRE-02
LATITUD : 5° 40' S
LONGITUD : 78° 46' W
ALTITUD : 632 msnm

FUENTE : SENAMHI
DEPARTAMENTO : CAJAMARCA
PROVINCIA : JAEN
DISTRITO : JAEN

Table with 14 columns (AÑO, ENERO, FEBRERO, MARZO, ABRIL, MAYO, JUNIO, JULIO, AGOSTO, SEPTIEMBRE, OCTUBRE, NOVIEMBRE, DICIEMBRE, PROMEDIO) and 14 rows (2004-2013, PROMEDIO, MAXIMA, MINIMA)

GRAFICO N° 02 TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL (°C)



P-1
ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63379
JEFE DE ESTUDIOS

Ju Paradies H
ING. AGUSTIN EDMUNDO TAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

En el cuadro anterior se puede observar que el valor de la temperatura máxima media mensual es de 25.9°C.

CUADRO N° 05
PRECIPITACION MEDIA MENSUAL (mm)

ESTACION : CUTERVO/000352/DRE-02
LATITUD : 6° 22' S
LONGITUD : 78° 48' W
ALTITUD : 2616 msnm

FUENTE : SENAMHI
DEPARTAMENTO : CAJAMARCA
PROVINCIA : CUTERVO
DISTRITO : CUTERVO

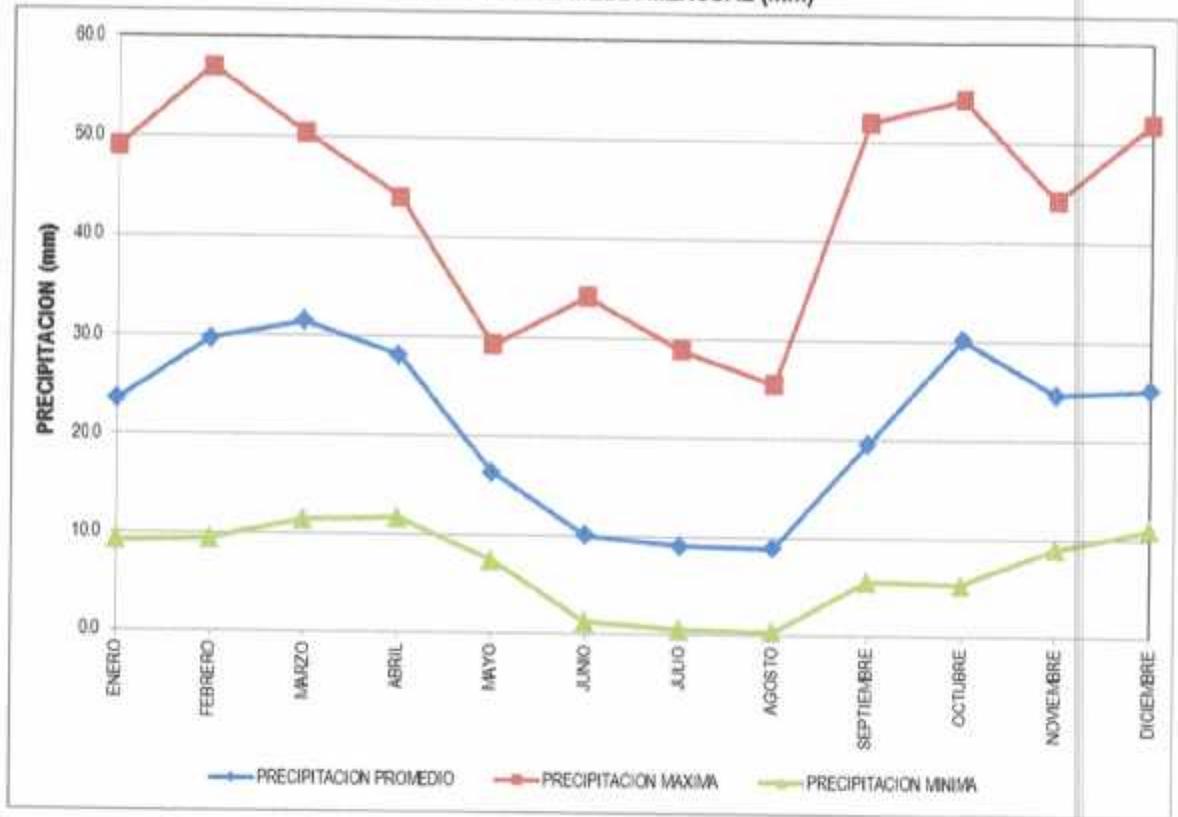
| AÑO | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | PROMEDIO |
|----------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|----------|
| 1989 | 28.0 | 24.8 | 24.0 | 30.0 | 19.7 | 12.0 | 9.2 | 13.2 | 36.2 | 38.5 | 28.0 | 29.5 | 24.4 |
| 1990 | 30.0 | 22.4 | 22.4 | 25.5 | 19.8 | 7.0 | 8.7 | 6.4 | 12.3 | 43.0 | 24.0 | 17.0 | 20.0 |
| 1991 | 14.5 | 29.0 | S/D | S/D | 5.0 | 8.0 | 12.0 | 11.0 | 17.4 | 23.0 | 15.8 | 31.2 | 17.1 |
| 1992 | 9.2 | 26.8 | 31.0 | 23.8 | 16.9 | 14.5 | 8.5 | 24.0 | 22.0 | 19.0 | 15.3 | 12.5 | 18.8 |
| 1993 | 30.0 | 16.5 | 42.2 | 33.2 | 13.8 | 3.2 | 17.5 | 19.0 | 52.0 | 21.2 | 25.5 | 52.0 | 27.2 |
| 1994 | 23.0 | 26.0 | 39.0 | 44.0 | 12.5 | 4.5 | 5.0 | 0.3 | 17.8 | 6.8 | 38.0 | 26.8 | 20.2 |
| 1995 | 10.2 | 11.0 | 24.8 | 17.4 | 9.5 | 5.0 | 6.0 | 25.5 | 7.3 | 33.7 | 19.2 | 31.0 | 16.7 |
| 1996 | 15.1 | 23.4 | 31.2 | 22.4 | 21.9 | 34.2 | 2.4 | 8.2 | 8.4 | 39.5 | 19.5 | 11.0 | 19.8 |
| 1997 | 24.2 | 36.0 | 20.8 | 13.4 | 8.0 | 12.2 | 2.0 | 5.3 | 5.5 | 23.5 | 15.0 | 25.3 | 15.9 |
| 1998 | 10.0 | 54.0 | 49.0 | 26.0 | 29.3 | 3.0 | S/D | 1.6 | 23.3 | 25.5 | 34.3 | 43.5 | 27.2 |
| 1999 | 37.8 | 57.0 | 22.8 | 20.0 | 16.6 | 28.0 | 20.3 | 4.5 | 35.6 | 31.0 | 44.2 | 33.0 | 29.2 |
| 2000 | 14.8 | 50.0 | 30.8 | 40.9 | 22.5 | 13.9 | 14.8 | 8.1 | 16.0 | 5.3 | 9.0 | 34.0 | 21.7 |
| 2001 | 34.0 | 12.1 | 49.1 | 33.2 | 18.0 | 1.5 | 3.8 | 2.0 | 15.3 | 36.2 | 28.3 | 26.1 | 21.6 |
| 2002 | 12.7 | 21.3 | 27.8 | 41.9 | 27.0 | 3.4 | 9.0 | 1.8 | 40.0 | 54.4 | 22.2 | 22.1 | 23.6 |
| 2003 | 19.0 | 40.0 | 32.0 | 29.0 | 10.2 | 10.5 | 0.5 | 7.2 | 6.6 | 22.0 | 34.7 | 12.6 | 18.7 |
| 2004 | 25.5 | 33.0 | 11.4 | 33.1 | 13.7 | 5.1 | 7.4 | 6.0 | 12.9 | 29.1 | 38.6 | 16.7 | 19.4 |
| 2005 | 13.5 | 42.4 | 25.2 | 11.6 | 18.6 | 15.1 | 4.5 | 2.2 | 16.2 | 46.7 | 18.7 | 18.0 | 19.4 |
| 2006 | 27.0 | 25.4 | 49.5 | 37.0 | 7.4 | 14.8 | 12.5 | 3.5 | 10.8 | 23.5 | 32.4 | 18.6 | 21.9 |
| 2007 | 31.3 | 9.4 | 25.8 | 29.1 | 27.3 | 4.0 | 15.2 | 7.8 | 15.1 | 46.5 | 26.0 | 24.9 | 21.9 |
| 2008 | 28.0 | 38.3 | 15.2 | 23.8 | 20.8 | 11.7 | 6.2 | 18.5 | 22.2 | 35.2 | S/D | 24.4 | 22.2 |
| 2009 | 16.0 | 28.8 | S/D | 28.3 | 13.8 | 17.0 | 11.6 | 2.8 | 16.4 | 25.9 | 14.8 | 22.7 | 18.0 |
| 2010 | 13.9 | 49.3 | 50.4 | 24.4 | 15.5 | 4.8 | 28.9 | 4.8 | 26.3 | 26.2 | 29.0 | 18.6 | 24.3 |
| 2011 | 30.5 | 25.0 | 32.4 | 25.7 | 10.6 | 6.3 | 7.0 | S/D | 23.3 | 30.1 | 21.4 | 35.2 | 22.5 |
| 2012 | 40.5 | 19.9 | 34.3 | 29.7 | 8.8 | 1.2 | 2.0 | 4.0 | 22.2 | 39.8 | 13.3 | 17.5 | 19.4 |
| 2013 | 49.0 | 21.5 | 32.9 | 31.9 | S/D | 10.1 | 2.4 | 25.5 | 8.7 | S/D | S/D | S/D | 22.8 |
| PROMEDIO | 23.5 | 29.7 | 31.5 | 28.2 | 16.3 | 10.0 | 9.1 | 8.9 | 19.8 | 30.2 | 24.7 | 25.2 | 21.4 |
| MAXIMA | 49.0 | 57.0 | 50.4 | 44.0 | 29.3 | 34.2 | 28.9 | 25.5 | 52.0 | 54.4 | 44.2 | 52.0 | 43.4 |
| MINIMA | 9.2 | 9.4 | 11.4 | 11.6 | 7.4 | 1.2 | 0.5 | 0.3 | 5.5 | 5.3 | 9.0 | 11.0 | 6.8 |

P-1
ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63373
JEFE DE ESTUDIOS

Ju. Paredes H
ING. AGUSTIN EDMUNDO PARCES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos



GRAFICO N° 03
PRECIPITACION MEDIA MENSUAL (mm)



P-1
 ING. PEDRO FRANCISCO CAÑO LOYOLA
 -ING. CIVIL- CIP N° 65379
 JEFE DE ESTUDIOS

Agustín Paredes H
 ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
 ING. GEÓLOGO - CIP N° 57589
 Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos



III. ANALISIS DEL TRÁFICO

3.1 Generalidades

El estudio de tráfico tiene por finalidad cuantificar, clasificar y determinar el volumen de los vehículos que transitan por la carretera, información que es indispensable para determinar las características de diseño del pavimento para la presente carretera.

Se recopiló información de Tráfico del Proyecto del Estudio de Preinversión a Nivel de Perfil de la Carretera: "Cutervo-Socota-San Andrés-San Tomás-Pimpingos-Cuyca" por niveles de servicio.

En el siguiente cuadro se muestra la ubicación de las siete (07) Estaciones de Control determinadas en el estudio de tráfico:

CUADRO N° 06
UBICACION DE ESTACIONES DE CONTROL DE TRAFICO

| ESTACION | TRAMO | UBICACION | PROGRESIVA |
|----------|---------------------------------------|-----------------------|------------|
| E-1 | Cutervo - Pampa de Sucse | Salida Cutervo | 0+100 |
| C-1 | Pampa de Sucse – Socota | Socota | 24+100 |
| E-2 | Socota - San Andrés de Cutervo | Entrada de San Andrés | 48+200 |
| E-3 | San Andrés de Cutervo - Santo Tomás | Salida de San Andrés | 49+300 |
| E-4 | Santo Tomás – Pimpingos | Entrada Pimpingos | 102+400 |
| E-5 | Pimpingos – Cuyca | Cuyca | 137+700 |
| C-2* | Cutervo – Santo Domingo de la Capilla | Salida de Cutervo | |

Fuente: Estudio de Tráfico / *La estación de cobertura C-2 no se encontraba dentro de la carretera.

3.2 Determinación del IMD actual

El análisis de tráfico, determino el tránsito actual; sus características y proyecciones para el periodo de 10 y 20 años (vida útil), el número acumulado de repeticiones de carga de eje equivalente de 8.2 toneladas, dato necesario para el diseño de la estructura del pavimento.

En los cuadros siguientes se muestra el IMDA actual de cada Estación de Control determinadas en el estudio de tráfico:

CUADRO N° 07
IMDA E-1: CUTERVO - PAMPA DE SUCSE (KM 00+100)

| TRAFICO VEHICULAR PROMEDIO (Veh/día) | | |
|--|-----|---------------|
| Tipo de Vehiculos | IMD | Distrib. % |
| Autos | 2 | 0.74% |
| Station Wagon | 79 | 29.26% |
| Camioneta PickUp | 67 | 24.81% |

P-1
ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63379
JEFE DE ESTUDIOS

ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos



| TRAFICO VEHICULAR PROMEDIO (Veh/día) | | |
|--|-----|---------|
| Camioneta Rural | 71 | 26.30% |
| Micro | 2 | 0.74% |
| Omnibus 2E | 0 | 0.00% |
| Omnibus 3E | 0 | 0.00% |
| Camión 2E | 41 | 15.19% |
| Camión 3E | 8 | 2.96% |
| T2S1 | 0 | 0.00% |
| T2S2 | 0 | 0.00% |
| T2S3 | 0 | 0.00% |
| T2S4 | 0 | 0.00% |
| T3S1 | 0 | 0.00% |
| T3S2 | 0 | 0.00% |
| T3S3 | 0 | 0.00% |
| T3S4 | 0 | 0.00% |
| 8X4 | 0 | 0.00% |
| C2R2 | 0 | 0.00% |
| C2R3 | 0 | 0.00% |
| C2R4 | 0 | 0.00% |
| C3R2 | 0 | 0.00% |
| C3R3 | 0 | 0.00% |
| C3R4 | 0 | 0.00% |
| C4R2 | 0 | 0.00% |
| TOTAL IMD | 270 | 100.00% |

FUENTE: ELABORACION
CONSULTORCUADRO N° 08
IMDA C-1: PAMPA DE SUCSE (KM 00+100) - SOCOTA (KM 24+300)

| TRAFICO VEHICULAR IMD (Veh/día) | | |
|---------------------------------------|-----|---------------|
| Tipo de Vehículos | IMD | Distrib. % |
| Autos | 3 | 1.08% |
| Station Wagon | 83 | 29.96% |
| Camioneta PickUp | 80 | 28.88% |
| Camioneta Rural | 67 | 24.19% |
| Micro | 2 | 0.72% |
| Omnibus 2E | 0 | 0.00% |
| Omnibus 3E | 0 | 0.00% |
| Camión 2E | 36 | 13.00% |
| Camión 3E | 6 | 2.17% |
| T2S1 | 0 | 0.00% |
| T2S2 | 0 | 0.00% |
| T2S3 | 0 | 0.00% |

P-1
ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
-ING. CIVIL - CIP N° 63379
JEFE DE ESTUDIOS

ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos



| | | |
|------------------|------------|-------|
| T2S4 | 0 | 0.00% |
| T3S1 | 0 | 0.00% |
| T3S2 | 0 | 0.00% |
| T3S3 | 0 | 0.00% |
| T3S4 | 0 | 0.00% |
| 8X4 | 0 | 0.00% |
| C2R2 | 0 | 0.00% |
| C2R3 | 0 | 0.00% |
| C2R4 | 0 | 0.00% |
| C3R2 | 0 | 0.00% |
| C3R3 | 0 | 0.00% |
| C3R4 | 0 | 0.00% |
| C4R2 | 0 | 0.00% |
| TOTAL IMD | 277 | |

FUENTE: ELABORACION CONSULTOR

CUADRO N° 09
IMDA E-2: SOCOTA (KM 24+300) - SAN ANDRÉS DE CUTERVO (KM 48+200)

| TRAFICO VEHICULAR | | |
|-------------------|-----------|----------------|
| IMD (Veh/día) | | |
| Tipo de Vehiculos | IMD | Distrib. % |
| Autos | 4 | 10.26% |
| Stación Wagon | 7 | 17.95% |
| Camioneta PickUp | 10 | 25.64% |
| Camioneta Rural | 11 | 28.21% |
| Micro | 1 | 2.56% |
| Omnibus 2E | 1 | 2.56% |
| Camión 2E | 4 | 10.26% |
| Camión 3E | 1 | 2.56% |
| T2S1 | 0 | 0.00% |
| T2S2 | 0 | 0.00% |
| T2S3 | 0 | 0.00% |
| T2S4 | 0 | 0.00% |
| T3S1 | 0 | 0.00% |
| T3S2 | 0 | 0.00% |
| T3S3 | 0 | 0.00% |
| T3S4 | 0 | 0.00% |
| 8X4 | 0 | 0.00% |
| C2R2 | 0 | 0.00% |
| C2R3 | 0 | 0.00% |
| C2R4 | 0 | 0.00% |
| C3R2 | 0 | 0.00% |
| C3R3 | 0 | 0.00% |
| C3R4 | 0 | 0.00% |
| C4R2 | 0 | 0.00% |
| TOTAL IMD | 39 | 100.00% |

FUENTE: ELABORACION CONSULTOR

P-1
ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
-ING. CIVIL - CIP N° 63370
JEFE DE ESTUDIOS

Agustin F. Heredia H.
ING. AGUSTIN EDMUNDO FAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos



CUADRO N° 10
IMDA E-3: SAN ANDRÉS DE CUTERVO (KM 48+200) - SANTO TOMÁS (KM 49+300)

| TRAFICO VEHICULAR | | |
|-------------------|-----|---------------|
| IMD (Veh/día) | | |
| Tipo de Vehículos | IMD | Distrib. % |
| Autos | 1 | 4.00% |
| Stación Wagon | 2 | 8.00% |
| Camioneta PickUp | 9 | 36.00% |
| Camioneta Rural | 11 | 44.00% |
| Micro | 1 | 4.00% |
| Omnibus 2E | 0 | 0.00% |
| Camión 2E | 0 | 0.00% |
| Camión 3E | 1 | 4.00% |
| T2S1 | 0 | 0.00% |
| T2S2 | 0 | 0.00% |
| T2S3 | 0 | 0.00% |
| T2S4 | 0 | 0.00% |
| T3S1 | 0 | 0.00% |
| T3S2 | 0 | 0.00% |
| T3S3 | 0 | 0.00% |
| T3S4 | 0 | 0.00% |
| 8X4 | 0 | 0.00% |
| C2R2 | 0 | 0.00% |
| C2R3 | 0 | 0.00% |
| C2R4 | 0 | 0.00% |
| C3R2 | 0 | 0.00% |
| C3R3 | 0 | 0.00% |
| C3R4 | 0 | 0.00% |
| C4R2 | 0 | 0.00% |
| TOTAL IMD | 25 | 100.00% |

FUENTE: ELABORACION CONSULTOR

CUADRO N° 11
IMDA E-4: SANTO TOMÁS (KM 49+300) - PIMPINGOS (KM 102+400)

| TRAFICO VEHICULAR | | |
|-------------------|-----|---------------|
| IMD (Veh/día) | | |
| Tipo de Vehículos | IMD | Distrib. % |
| Autos | 2 | 4.08% |
| Stación Wagon | 2 | 4.08% |
| Camioneta PickUp | 15 | 30.61% |
| Camioneta Rural | 17 | 34.69% |
| Micro | 0 | 0.00% |
| Omnibus 2E | 0 | 0.00% |

P-1
ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63379
JEFE DE ESTUDIOS

Ju. Rueda
ING. AGUSTIN EDMUNDO RUADES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos



| | | |
|------------------|-----------|--------|
| Camión 2E | 13 | 26.53% |
| Camión 3E | 0 | 0.00% |
| T2S1 | 0 | 0.00% |
| T2S2 | 0 | 0.00% |
| T2S3 | 0 | 0.00% |
| T2S4 | 0 | 0.00% |
| T3S1 | 0 | 0.00% |
| T3S2 | 0 | 0.00% |
| T3S3 | 0 | 0.00% |
| T3S4 | 0 | 0.00% |
| 8X4 | 0 | 0.00% |
| C2R2 | 0 | 0.00% |
| C2R3 | 0 | 0.00% |
| C2R4 | 0 | 0.00% |
| C3R2 | 0 | 0.00% |
| C3R3 | 0 | 0.00% |
| C3R4 | 0 | 0.00% |
| C4R2 | 0 | 0.00% |
| TOTAL IMD | 49 | |

FUENTE: ELABORACION CONSULTOR

CUADRO N° 12
IMDA E-5: PIMPINGOS (KM 102+400) - CUYCA (KM 137+794)

| TRAFICO VEHICULAR | | |
|-------------------|-----|---------------|
| IMD | | |
| (Veh/día) | | |
| Tipo de Vehículos | IMD | Distrib. % |
| Autos | 8 | 8.99% |
| Station Wagon | 6 | 6.74% |
| Camioneta PickUp | 34 | 38.20% |
| Camioneta Rural | 28 | 31.46% |
| Micro | 1 | 1.12% |
| Omnibus 2E | 0 | 0.00% |
| Camión 2E | 12 | 13.48% |
| Camión 3E | 0 | 0.00% |
| T2S1 | 0 | 0.00% |
| T2S2 | 0 | 0.00% |
| T2S3 | 0 | 0.00% |
| T2S4 | 0 | 0.00% |
| T3S1 | 0 | 0.00% |
| T3S2 | 0 | 0.00% |
| T3S3 | 0 | 0.00% |
| T3S4 | 0 | 0.00% |
| 8X4 | 0 | 0.00% |
| C2R2 | 0 | 0.00% |
| C2R3 | 0 | 0.00% |
| C2R4 | 0 | 0.00% |
| C3R2 | 0 | 0.00% |

P-1

ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
-ING. CIVIL - CIP N° 63379
JEFE DE ESTUDIO

Agustín Paredes H
ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos

000012



| | | |
|-----------|----|-------|
| C3R3 | 0 | 0.00% |
| C3R4 | 0 | 0.00% |
| C4R2 | 0 | 0.00% |
| TOTAL IMD | 89 | |

FUENTE: ELABORACION CONSULTOR

3.3 Proyección del Tráfico Vehicular

De acuerdo al contenido del Estudio de Tráfico, a continuación se presenta el cuadro de "Tasas de Crecimiento del Tráfico por Tipo de Vehículo", el cual presenta la tasa anual para vehículos como auto, camioneta rural y camión, de los cuales se observa diferencias sustanciales en sus valores. Es importante hacer notar, que por lo general la composición de vehículos ligeros tiene menor implicancia en la degradación del pavimento.

CUADRO N° 13
TASAS DE CRECIMIENTO DEL TRAFICO POR TIPO DE VEHICULO
TASAS DE CRECIMIENTO
2014 - 2025

| TIPO DE VEHICULO | TIPO DE TASA |
|--|--------------|
| VEHICULOS DE PASAJEROS (OMNIBUS) | 1.1 % |
| VEHICULOS PESADOS (CAMIONES, TRAYLERS, SEMI-TRAYLERS) | 3.7 % |

Fuente: Estudio de Tráfico

De acuerdo al Manual de Diseño de la Guía AASTHO, el crecimiento de tránsito se puede calcular utilizando una fórmula simple:

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

Donde:

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

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

n = Años del periodo de diseño

i = Tasa anual de crecimiento del tránsito

3.4 Número Acumulado de Repeticiones de Ejes Equivalentes

La guía AASHTO, considera como parámetro de diseño el Número esperado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 Tn en el periodo de diseño (W18), el cual corresponde al EAL afectado por coeficientes que representan el sentido y el número de carriles que tendrá la vía.

$$W_{18} = DD \times DL \times EAL$$

Donde:

EAL = Numero de ejes equivalentes a 8.2 tn en el periodo de diseño.

DD = Es un factor de distribución direccional. Por lo general se considera 0.5

P-1
ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63373
JEFE DE ESTUDIOS

Ju Paredes H
ING. AGOSTIN EDMUNDO FIALDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos

J00013



DL = Factor Carril, en función al porcentaje para ejes de porcentaje para ejes de 8.2 Tn en cada dirección (Se ha considerado el 100% para un carril por sentido).

El número acumulado de repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 Tn, para un solo sentido, en un periodo de vida útil de (n) años y una tasa de crecimiento (r), se calculó con la expresión siguiente:

$$ESAL_{i, 8.2 Tn} (n \text{ años}) = \sum_{i=1}^m \frac{365 * Fd * Grn * AADTi * Ni * FEi}{r}$$

Donde:

ESAL_i = Carga acumulada equivalente a 18,000 lb (80 KN) en un solo eje, para la categoría i de eje

Fd = Factor de diseño de carril (se considera 0.5 para carreteras de una calzada y dos sentidos de circulación a razón de un carril por sentido)

Grn = Factor de crecimiento para determinar tasa de crecimiento r y periodo de diseño n.

AADTi = Tránsito Anual Diario promedio (TPDA) en el primer año para la categoría de eje i.

Ni = Número de Ejes en cada vehículo de la categoría i

FEi = Factor de equivalencia de carga para la categoría de eje i.

El factor de crecimiento (Grn) para determinar tasa de crecimiento r y periodo de diseño n, se calculó con la expresión siguiente:

$$Grn = \frac{[(1+r)^n - 1]}{r}$$

Donde:

r = Tasa de crecimiento

n = Número de años y/o Periodo de diseño.

ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEÓLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos

Reemplazando los valores se obtiene la siguiente expresión:

$$ESAL_{i, 8.2 Tn} (n \text{ años}) = \frac{365 * (0.5) * [(1+r)^n - 1]}{r} * \sum_{i=1}^m AADTi * Ni * FEi$$

Siendo:

AADTi = Tránsito Anual Diario promedio (TPDA) en el primer año para la categoría de eje i, expresado en IMD Anual Total para diseño de la categoría de eje i.

Ni * FEi = FDi: Factor Destructivo determinado por el Factor de equivalencia de carga para la categoría de eje i afectado por el Número de Ejes en cada vehículo de la categoría i.

$\sum AADTi * Ni * FEi = IMD_{om} * FDom + IMD_{2eli} * FD_{2eli} + IMD_{2e} * FD_{2e} + IMD_{3e} * FD_{3e} + IMD_a * FDa.$

om = Ómnibus

2eli = Camión de 2 ejes ligeros

2e = Camión de 2 ejes

3e = Camión de 3 ejes

ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63373
JEFE DE ESTUDIOS

000014



a = Articulados

Reemplazando todas los valores y variables se obtiene la siguiente expresión:

$$ESAL_{i,2Tn} = \frac{365 * (IMDom * FDom + IMD2eli * FD2eli + IMD2e * FD2e + IMD3e * FD3e + IMDa * FDa) * [(1+r)^n - 1]}{2r}$$

Donde:

- ESALI = Carga acumulada equivalente a 18,000 lb (80 KN) en un solo eje, para la categoría i de eje
- IMD = Índice Medio Diario Anual Total (IMD Anual Total) para diseño de la categoría.
- FD = Factor Destructivo determinado por el Factor de equivalencia de carga afectado por el Número de Ejes en cada categoría de vehículo.
- r = Tasa de crecimiento
- n = Número de años y/o Periodo de diseño.
- om = Categoría de Vehículo: Ómnibus
- 2eli = Categoría de Vehículo: Camión de 2 ejes ligeros
- 2e = Categoría de Vehículo: Camión de 2 ejes
- 3e = Categoría de Vehículo: Camión de 3 ejes
- a = Categoría de Vehículo: Articulados

ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEÓLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos

En cuanto a los factores de carga, o destructivos, se presenta en el siguiente cuadro de "Factores de Carga", que relacionan al tipo de vehículos con valores tomados para la estación contemplada en el estudio de tráfico de referencia.

Los factores destructivos considerados son el factor de carga y el factor de presión neumática, debido a que ambos influyen sobre las superficies asfaltadas. Para conocer las cargas por ejes de cada tipo de vehículo, se considera la información contenida en el "Reglamento Nacional de Vehículos" aprobado mediante Decreto Supremo N° 058-2003-MTC del 07 de octubre de 2003.

Asimismo, para la determinación de los Factores de Carga se determinará en base a lo establecido en el "Manual de Carreteras" Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos aprobado por Resolución Directoral N° 10-2014-MTC/14.

En dicho manual se indica que para el cálculo de ejes equivalentes (EE), se puede tomar el criterio simplificado de la metodología AASHTO, aplicando las siguientes relaciones para vehículos pesados, buses y camiones

CUADRO N° 14
CRITERIOS PARA EJES EQUIVALENTES

| TIPO DE VEHICULO | EJE EQUIVALENTE (EE _{s,2Tan}) |
|---|---|
| Eje Simple de Ruedas Simples (EE _{s1}) | EE = (P/6.6) ⁴ |
| Eje Simple de Ruedas Dobles (EE _{s2}) | EE = (P/8.2) ⁴ |
| Eje Tándem de Ruedas Dobles (EE _{T A2}) | EE = (P/15.1) ⁴ |
| Eje Tridem de Ruedas Dobles (EE _{TD}) | EE = (P/21.8) ^{3.9} |
| P = Peso Real por eje en Toneladas | |

Fuente: Manual de Suelos y Pavimentos/ R.M. N° 010-2014-MTC/14

P-1
ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
-ING. CIVIL - CIP N° 63379
JEFE DE ESTUDIO

000015



También, el Manual especifica que la determinación del EE por tipo de vehículo pesado, camiones y buses, resulta de la suma de EE por tipo de eje, para cada vehículo específico, siendo estos:

P-1

ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63379
JEFE DE ESTUDIOS

ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimento

CUADRO N° 15
FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA LEGAL POR EJE Y VEHICULO

| SÍMBOLO | DIAGRAMA | DESCRIPCIÓN | EJE DELANTERO | EJE POSTERIOR | | | | TOTAL |
|---------|----------|-------------|---------------|---------------|--------|---------|--------|-------|
| | | | | 1er EJE | 2º EJE | 3er EJE | 4º EJE | |
| C2 | | Carga (tn) | 7 | 11 | | | | 18 |
| | | F.EE. | 1.265 | 3.238 | | | | 4.504 |
| C3 | | Carga (tn) | 7 | 18 | | | | 25 |
| | | F.EE. | 1.265 | 2.019 | | | | 3.285 |
| 2S1 | | Carga (tn) | 7 | 11 | 11 | | | 29 |
| | | F.EE. | 1.265 | 3.238 | 3.238 | | | 7.742 |
| B2 | | Carga (tn) | 7 | 11 | | | | 18 |
| | | F.EE. | 1.265 | 3.238 | | | | 4.504 |
| B3 | | Carga (tn) | 7 | 18 | | | | 25 |
| | | F.EE. | 1.265 | 2.019 | | | | 3.285 |

CUADRO N° 16
FACTORES DE CARGA

| TIPO DE VEHICULO | EJE SIMPLE 2 NEUMATICOS | EJE SIMPLE 4 NEUMATICOS | EJE TANDEM | EJE TRIDEM | TOTAL |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|------------|---------|
| Automovil y Camionetas Pick Up (*) | 0.0084 | 0 | 0 | 0 | 0.0084 |
| Camioneta Rural Y Combi (*) | 0.0206 | 0 | 0 | 0 | 0.0206 |
| Microbus (*) | 0.1349 | 0 | 0 | 0 | 0.1349 |
| Bus 2E | 1.2654 | 3.2383 | 0 | 0 | 4.5037 |
| Bus 3E | 1.2654 | 0 | 2.0192 | 0 | 3.2846 |
| Camión 2 Ejes (C 2E) | 1.2654 | 3.2383 | 0 | 0 | 4.5037 |
| Camión 3 Ejes (C 3E) | 1.2654 | 0 | 2.0192 | 0 | 3.2846 |
| Camión 3 Ejes (C 4E) | 1.2654 | 0 | 0 | 1.0176 | 2.2829 |
| Semi-Trayler (2S1) | 1.2654 | 6.4766 | 0 | 0 | 7.7419 |
| Semi-Trayler (2S2) | 1.2654 | 3.2383 | 2.0192 | 0 | 6.5229 |
| Semi-Trayler (2S3) | 1.2654 | 3.2383 | 0 | 1.4204 | 5.9241 |
| Semi-Trayler (3S1) | 1.2654 | 3.2383 | 2.0192 | 0 | 6.5229 |
| Semi-Trayler (3S2) | 1.2654 | 0 | 4.0384 | 0 | 5.3038 |
| Semi-Trayler (>=3S3) | 1.2654 | 0 | 2.0192 | 1.4204 | 4.7050 |
| Trayler (2T2 ó C2R2) | 1.2654 | 9.7149 | 0 | 0 | 10.9802 |
| Trayler (2T3 ó C2R3) | 1.2654 | 6.4766 | 2.0192 | 0 | 9.7611 |
| Trayler (3T2 ó C3R2) | 1.2654 | 6.4766 | 2.0192 | 0 | 9.7611 |
| Trayler (3T3 ó C3R3) | 1.2654 | 3.2383 | 4.0384 | 0 | 8.5421 |

Elaboración: Valores asignados de acuerdo al Peso Máximo Reglamentario aplicado según el Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito / R.M. N°305-2008-MTC/02.

Con los parámetros detallados y la expresión de "ESAL", se ha realizado la estimación del tráfico de diseño, sin embargo cabe resaltar que en esta Carretera Vecinal no existen



muchos vehículos pesados y/o articulados, por lo tanto el diseño del Espesor del Pavimento será efectuado con los criterios que recomienda la metodología AASHTO, proveniente de la Guide for Design of Paviment Structures, edición 1993 publicada por la American Association of State Highway and Transportation Officials.

De acuerdo a los 04 escenarios analizados en el estudio de tráfico, el resumen de la Carga acumulada equivalente a 18,000 lb (8.20 Tn) proyectado de cada tramo del estudio es el siguiente:

CUADRO N° 17
RESUMEN DE EJES EQUIVALENTES A 8.2 TON (ESAL) PROYECTADO
CON FACTOR DE AJUSTE DE CARGA SIN FACTOR DE AJUSTE DE NEUMATICOS

| SECTOR HOMOGENEO | PERIODO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | PERIODO DE DISEÑO (AÑOS) |
|---|-----------|------------------------------|--------------------------|
| Cutervo (Km 00+000) - Socota (Km 24+100) | 2016-2024 | 1.1E+05 | 10 |
| Socota (Km 25+480) - San Andrés de Cutervo (Km 48+200) | 2016-2024 | 1.1E+04 | 10 |
| San Andrés de Cutervo (Km 49+380) - Santo Tomás (Km 83+700) | 2016-2024 | 3.2E+03 | 10 |
| Santo Tomás (Km 84+100) - Pimpingos (Km 102+400) | 2016-2024 | 2.1E+04 | 10 |
| Pimpingos (Km 103+040) - Cuyca (Km 137+793.94) | 2016-2024 | 2.0E+04 | 10 |

CUADRO N° 18
RESUMEN DE EJES EQUIVALENTES A 8.2 TON (ESAL) PROYECTADO
SIN FACTOR DE AJUSTE DE CARGA SIN FACTOR DE AJUSTE DE NEUMATICOS

| SECTOR HOMOGENEO | PERIODO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | PERIODO DE DISEÑO (AÑOS) |
|---|-----------|------------------------------|--------------------------|
| Cutervo (Km 00+000) - Socota (Km 24+100) | 2016-2024 | 2.0E+05 | 10 |
| Socota (Km 25+480) - San Andrés de Cutervo (Km 48+200) | 2016-2024 | 2.0E+04 | 10 |
| San Andrés de Cutervo (Km 49+380) - Santo Tomás (Km 83+700) | 2016-2024 | 7.7E+03 | 10 |
| Santo Tomás (Km 84+100) - Pimpingos (Km 102+400) | 2016-2024 | 3.2E+04 | 10 |
| Pimpingos (Km 103+040) - Cuyca (Km 137+793.94) | 2016-2024 | 3.1E+04 | 10 |

P-1
ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63379
JEFE DE ESTUDIOS

Ju. Paredes H
ING. AGUSTIN EDUARDO PAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos



CUADRO N° 19
RESUMEN DE EJES EQUIVALENTES A 8.2 TON (ESAL) PROYECTADO
CON FACTOR DE AJUSTE DE CARGA CON FACTOR DE AJUSTE DE NEUMATICOS

| SECTOR HOMOGENEO | PERIODO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | PERIODO DE DISEÑO (AÑOS) |
|---|-----------|------------------------------|--------------------------|
| Cutervo (Km 00+000) - Socota (Km 24+100) | 2016-2024 | 1.4E+05 | 10 |
| Socota (Km 25+480) - San Andrés de Cutervo (Km 48+200) | 2016-2024 | 1.5E+04 | 10 |
| San Andrés de Cutervo (Km 49+380) - Santo Tomás (Km 83+700) | 2016-2024 | 4.6E+03 | 10 |
| Santo Tomás (Km 84+100) - Pimpingos (Km 102+400) | 2016-2024 | 2.5E+04 | 10 |
| Pimpingos (Km 103+040) - Cuyca (Km 137+793.94) | 2016-2024 | 2.3E+04 | 10 |

CUADRO N° 20
RESUMEN DE EJES EQUIVALENTES A 8.2 TON (ESAL) PROYECTADO
SIN FACTOR DE AJUSTE DE CARGA CON FACTOR DE AJUSTE DE NEUMATICOS

| SECTOR HOMOGENEO | PERIODO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | PERIODO DE DISEÑO (AÑOS) |
|---|-----------|------------------------------|--------------------------|
| Cutervo (Km 00+000) - Socota (Km 24+100) | 2016-2024 | 2.5E+05 | 10 |
| Socota (Km 25+480) - San Andrés de Cutervo (Km 48+200) | 2016-2024 | 2.5E+04 | 10 |
| San Andrés de Cutervo (Km 49+380) - Santo Tomás (Km 83+700) | 2016-2024 | 1.0E+04 | 10 |
| Santo Tomás (Km 84+100) - Pimpingos (Km 102+400) | 2016-2024 | 3.8E+04 | 10 |
| Pimpingos (Km 103+040) - Cuyca (Km 137+793.94) | 2016-2024 | 3.6E+04 | 10 |

Fuente: El Consultor

Nota: Año 2014 Toma de Datos para proyecciones y diseño del Proyecto, año 2015 Inversiones en ejecución del proyecto, año 2016-2024 operación y mantenimiento de la vía.

Para un óptimo diseño en base a los datos mostrados, se determinó usar los valores del escenario sin control de carga y con factor de ajuste de neumáticos

ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63378
JEFE DE ESTUDIOS

ING. AGUSTÍN EDMUNDO FARIÑAS HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos



IV. CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELOS DE SUBRASANTE

4.1 Generalidades

Para la determinación del valor representativo de la capacidad de soporte del suelo se han utilizado procedimientos estadísticos basados en los criterios recomendados por la AASHTO; en ambos casos se ha incidido en la participación real de los tipos de suelos encontrados.

Las instituciones mencionadas sustentan sus métodos en el empleo de:

- AASHTO, con el valor promedio

Ju. Paredes H
ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEÓLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos

4.2 Valores de CBR Obtenidos por Sectores Homogéneos

Para los casos, donde el nivel de tráfico (EAL 8.2) de la estaciones para un periodo de diseño de 10 años, está entre 10^4 y 10^6 , por lo tanto el percentil a emplear será de 75%.

Valores de cbr Obtenidos por Sectores Homogéneos

En el siguiente cuadro se muestra el resumen de los valores CBR obtenidos al 95% de máxima densidad seca y a 0.1" de penetración.

CUADRO N° 21
RESUMEN DE CBR

P-1
ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63378
JEFE DE ESTUDIOS

| PROGRESIVA (Km) | ESTRATO | ESPESOR (m) | ESTADO DE CBR | CBR (%) | MODULO RESILIENTE (psi) | CBR PONDERADO (%) | MODULO RESILIENTE PONDERADO (psi) |
|-----------------|---------|-------------|---------------|---------|-------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| 08+000 | 1 | 0.1 | Saturado | 25.73 | 20,420.78 | 22.3 | 18,615.57 |
| | 2 | 0.3 | Saturado | 21.23 | 18,055.78 | | |
| | 3 | 1.1 | Saturado | 22.28 | 18,625.44 | | |
| 16+000 | 1 | 0.8 | Saturado | 20.94 | 17,897.22 | 17.1 | 15,745.66 |
| | 2 | 0.7 | Saturado | 11.47 | 12,177.24 | | |
| 24+000 | 1 | 0.95 | Saturado | 18.61 | 16,598.55 | 17.0 | 15,652.66 |
| | 2 | 0.55 | Saturado | 8.58 | 10,111.52 | | |
| 32+000 | 1 | 1.5 | Saturado | 12.10 | 12,598.00 | 12.1 | 12,598.00 |
| 40+000 | 1 | 0.2 | Saturado | 47.02 | 30,037.16 | 6.7 | 8,644.97 |
| | 2 | 0.9 | Saturado | 6.27 | 8,276.17 | | |
| 47+000 | 1 | 0.3 | Saturado | 8.80 | 10,280.34 | 8.6 | 10,129.63 |
| | 2 | 1.2 | Saturado | 8.60 | 10,127.27 | | |
| 56+000 | 1 | 0.2 | Saturado | 24.63 | 19,857.51 | 5.8 | 7,907.38 |
| | 2 | 1.3 | Saturado | 5.77 | 7,848.00 | | |
| 64+000 | 1 | 0.4 | Saturado | 18.49 | 16,530.47 | 8.3 | 9,915.37 |
| | 2 | 1.1 | Saturado | 7.83 | 9,538.30 | | |
| 72+000 | 1 | 0.8 | Saturado | 20.07 | 17,418.81 | 15.7 | 14,871.33 |
| | 2 | 0.7 | Saturado | 9.12 | 10,513.35 | | |
| 80+000 | 1 | 0.45 | Saturado | 24.67 | 19,877.94 | 20.0 | 17,401.44 |
| | 2 | 1.05 | Saturado | 19.67 | 17,198.18 | | |
| 88+000 | 1 | 0.15 | Saturado | 19.74 | 17,237.85 | 9.7 | 10,927.07 |
| | 2 | 1.35 | Saturado | 9.67 | 10,917.10 | | |
| 96+000 | 1 | 0.15 | Saturado | 25.86 | 20,487.84 | 7.2 | 9,073.27 |
| | 2 | 0.95 | Saturado | 7.04 | 8,909.17 | | |
| | 3 | 0.4 | Saturado | 8.99 | 10,418.31 | | |
| 104+000 | 1 | 0.15 | Saturado | 18.93 | 16,780.84 | 18.0 | 16,229.56 |
| | 2 | 1.35 | Saturado | 17.97 | 16,228.80 | | |
| 112+000 | 1 | 1.1 | Saturado | 9.23 | 10,592.46 | 9.2 | 10,592.46 |
| 120+000 | 1 | 0.45 | Saturado | 22.15 | 18,554.50 | 10.3 | 11,386.49 |
| | 2 | 1.05 | Saturado | 9.40 | 10,718.81 | | |



| PROGRESIVA (Km) | ESTRATO | ESPESOR (m) | ESTADO DE CBR | CBR (%) | MODULO RESILIENTE (psi) | CBR PONDERADO (%) | MODULO RESILIENTE PONDERADO (psi) |
|-----------------|---------|-------------|---------------|---------|-------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| 128+000 | 1 | 0.45 | Saturado | 35.91 | 25,277.73 | 11.7 | 12,325.09 |
| | 2 | 1.05 | Saturado | 9.78 | 10,997.68 | | |
| 136+000 | 1 | 1.5 | Saturado | 37.06 | 25,792.87 | 37.1 | 25,792.87 |

4.3 Cálculo del CBR de diseño

4.3.1 CBR de Diseño - Método de diseño AASHTO 1993

Se resume el promedio de los valores obtenidos en cada sector homogéneo:

CUADRO N° 22
CALCULO DEL CBR DE DISEÑO

| SECTOR | SECTOR HOMOGENEO | CBR PROMEDIO (%) |
|--------|---|------------------|
| I-a | Cutervo (Km 00+000) - Pampa de Sucse (Km 19+460) | 18.8 |
| I-b | Pampa de Sucse (Km 19+460) - Socota (Km 24+100) | 18.8 |
| II | Socota (Km 25+480) - San Andrés de Cutervo (Km 48+200) | 9.1 |
| III | San Andrés de Cutervo (Km 49+380) - Santo Tomás (Km 83+700) | 9.1 |
| IV | Santo Tomás (Km 84+100) - Pimpingos (Km 102+400) | 11.1 |
| V | Pimpingos (Km 103+040) - Cuyca (Km 137+793.94) | 17.3 |

4.3.2 CBR de Diseño - Método de diseño para Carreteras de Bajo Volumen de Tráfico

Se resumen los valores del CBR de Diseño correspondiente al Percentil 75%:

CUADRO N° 23
CALCULO DEL CBR DE DISEÑO PERCENTIL 75%

| SECTOR | SECTOR HOMOGENEO | CBR PERCENTIL 75% |
|--------|---|-------------------|
| I-a | Cutervo (Km 00+000) - Pampa de Sucse (Km 19+460) | 17.1 |
| I-b | Pampa de Sucse (Km 19+460) - Socota (Km 24+100) | 17.1 |
| II | Socota (Km 25+480) - San Andrés de Cutervo (Km 48+200) | 7.7 |
| III | San Andrés de Cutervo (Km 49+380) - Santo Tomás (Km 83+700) | 7.7 |
| IV | Santo Tomás (Km 84+100) - Pimpingos (Km 102+400) | 7.5 |
| V | Pimpingos (Km 103+040) - Cuyca (Km 137+793.94) | 10.3 |

P-1
ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63378
JEFE DE ESTUDIOS

Ing. Agustín H.
ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos

000020



V. DISEÑO DEL PAVIMENTO

5.1 Alternativas

Se realizará el Diseño del Pavimento bajo las siguientes alternativas de solución:

- Suelo granular estabilizado con emulsión asfáltica
- Suelo granular estabilizado con cemento portland
- Suelo estabilizado con emulsión, tratamiento superficial doble

5.2 Metodologías de Diseño

Los métodos de diseño que se aplican en el proyecto son:

- AASHTO - 1993
- USACE
- NAASRA (Manual de Suelos y Pavimentos del MTC - 2014)

P-1
ING. PEDRO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 83378
JEFE DE ESTUDIOS

5.3 Características de los Materiales

Para esta sección las características de los materiales son las siguientes:

5.3.1 Subrasante

La superficie de la subrasante (capa superior de las explanaciones) forma parte del terreno de fundación que recibirá a través de la estructura del pavimento, los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito fluido de los vehículos del proyecto.

5.3.2 Sub-base Granular

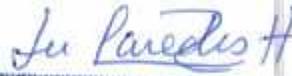
Como lo indican las Especificaciones Técnicas Generales de Carreteras (EG-2013) y las características de las Canteras, la sub-base granular será compactada hasta el 100% de la MDS para alcanzar el CBR mínimo de 40%.

5.3.3 Base Granular

La base granular será construida con materiales granulares de cantera procesados para obtener las características que satisfagan las Especificaciones Técnicas Generales de Carreteras (EG-2013) con un CBR mínimo de 100% para el 100% de la MDS.

5.3.4 Mortero Asfáltico (Slurry Seal)

Dadas las condiciones climáticas del proyecto (Temperatura Media Anual = 16.33 °C), el concreto asfáltico será construido con emulsión asfáltica.


ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos



CUADRO N° 24
TIPO DE CEMENTO ASFALTICO CLASIFICADO
SEGUN PENETRACION PARA MORTERO ASFALTICO

| TEMPERATURA MEDIA ANUAL | | | |
|-------------------------|-------------|------------|--------------------|
| 24°C o más | 24°C - 15°C | 15°C - 5°C | Menos de 5°C |
| 40 - 50 ó | 60-70 | 85 - 100 | Asfalto Modificado |
| 60-70 ó Modificado | | 120 - 150 | |

Los agregados para mortero asfáltico deberán ser competentes y procesados (Triturados) para obtener las características que satisfagan las Especificaciones Técnicas Generales de Carreteras (EG-2013).

5.3.5 Afirmado

Para el presente estudio de pre inversión, se ha considerado como alternativa de diseño el afirmado son superficie de rodadura bituminosa.

El afirmado será compactado hasta el 100% de la MDS para alcanzar el CBR mínimo de 40% establecido en las Especificaciones Técnicas Generales de Carreteras (EG-2013).

5.3.6 Suelo Estabilizado

Para el presente estudio de pre inversión, se ha considerado como alternativa de diseño suelo estabilizado son superficie de rodadura bituminosa. El afirmado será compactado hasta el 95% de la MDS para alcanzar el CBR mínimo de 100% establecido en las Especificaciones Técnicas Generales de Carreteras (EG-2013).

5.4 Diseño de Pavimento Flexible con el Método AASHTO

P-1
ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CEP N° 83378
JEFE DE ESTUDIOS

5.4.1 Descripción

La metodología de diseño a emplear será la AASHTO - 1993, de la Guía de Diseño de Estructura de Pavimentos publicado mediante la denominación: "Guide for Design of Pavement Structures". La Guía AASHTO empleada por muchos años fue la versión que se publicara en 1972, la cual fue revisada en 1981 efectuándose modificaciones al capítulo de pavimentos rígidos. En 1993 la AASHTO publica la "Guide for Design of Pavement Structures" en la cual se efectúan sensibles modificaciones a la versión de 1972.

El procedimiento de diseño es el siguiente:

1. Cálculo del Tráfico de diseño
2. Determinación del módulo resiliente efectivo de diseño (pavimento flexible) o el módulo de reacción compuesto de la subrasante (pavimento rígido).
3. Cálculo del número estructural (pavimento flexible).
4. Cálculo de los espesores (d) de diseño.

Ju Laredo
ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CEP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos



La primera parte del proceso y la capacidad de soporte del suelo fue explicada en los ítems anteriores, con respecto al módulo resiliente de la subrasante (MR), número estructural (SN) y el espesor (D) de diseño, este SN es un valor adimensional que representa una equivalencia numérica de la capacidad estructural del pavimento y se calcula como:

$$\log W_{18} = Z_R S_o + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(M_R) - 8.07$$

Donde:

- W_{18} : Número de repeticiones de eje equivalente (ESAL)
- Z_R : nivel de confiabilidad
- S_o : desviación estándar
- SN : número estructural
- ΔPSI : Pérdida de serviciabilidad
- MR : módulo resiliente de la subrasante
- D : espesor de la losa
- S'_c : Módulo de rotura del concreto $S'_c = 8\sqrt{f'_c}$ (psi)
- Cd : coeficiente de drenaje
- J : coeficiente de transferencia de carga
- E_c : Módulo de elasticidad del concreto $E_c = 57,000\sqrt{f'_c}$ (psi)
- K : Módulo de reacción compuesto de la subrasante obtenido de manera indirecta a partir de las tablas de correlación con los resultados del CBR y del aporte de la sub base.

$$SN = \sum_{i=1} a_i D_i m_i$$

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 .$$

Donde:

- a_i : coeficiente de capa en función de las propiedades de los materiales
- D_i : Espesores
- m_i : coeficientes de drenaje

P-1
ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63379
JEFE DE ESTUDIOS

Agustín Paredes Heredia
ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos

5.4.2 Parámetros

El método AASHTO 93 incluye los siguientes parámetros:

a. Nivel de confiabilidad, R



La confiabilidad es un parámetro relacionado con el grado de incertidumbre, la variación en las predicciones de tráfico y de la respuesta de la estructura del pavimento a las condiciones ambientales y la importancia de la vía.

Básicamente, es una forma de incorporar un cierto grado de certeza en el proceso de diseño, para garantizar que las diferentes alternativas de sección del pavimento proyectado se comportarán satisfactoriamente bajo las condiciones de tráfico y medio ambiente durante el periodo de diseño.

En el Cuadro N°24 Niveles de Confianza sugeridos para diferentes carreteras, se indican los rangos de confiabilidad sugeridos para distintos tipos de carreteras, clasificadas según su funcionalidad.

CUADRO N°25
NIVELES DE CONFIANZA SUGERIDOS PARA DIFERENTES CARRETERAS

| CLASIFICACION | NIVELES DE CONFIABILIDAD RECOMENDADO | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------|
| | URBANA | RURAL |
| AUTOPISTAS INTERESTATALES Y OTRAS | 85 - 99.9 | 80 - 99.9 |
| ARTERIAS PRINCIPALES | 80 - 99 | 75 - 95 |
| VIAS COLECTORAS DE | 80 - 95 | 75 - 95 |
| CARRERERAS LOCALES | 50 - 80 | 50 - 80 |

En este caso, adoptamos una Confiabilidad (R) de 60% para un periodo de diseño de 10 años (acorde a lo Términos de Referencia), /que equivale a una Desviación Estándar Normal (Zr) de -0.253.

CUADRO N° 26
VALORES DE DESVIACION ESTANDAR NORMAL
PARA VARIOS NIVELES DE CONFIABILIDAD

| CONFIABILIDAD (%) | DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr) | CONFIABILIDAD (%) | DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr) |
|-------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------------|
| 50 | 0.000 | 93 | - 1.476 |
| 60 | - 0.253 | 94 | - 1.555 |
| 70 | - 0.524 | 95 | - 1.645 |
| 75 | - 0.674 | 96 | - 1.751 |
| 80 | - 0.841 | 97 | - 1.881 |
| 85 | - 1.037 | 98 | - 2.054 |
| 90 | - 1.282 | 99 | - 2.327 |
| 91 | - 1.340 | 99.9 | - 3.090 |
| 92 | - 1.405 | 99.99 | - 3.750 |
| | - | | |

P-1

ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63379
JEFE DE ESTUDIOS

Juan Sánchez
ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos

**b. Desviación estándar total, S_o**

Para el presente proyecto, se recomienda utilizar $S_o = 0.45$ para pavimento flexible.

c. Aplicaciones de ejes simples de carga equivalente a 8.2 ton (ESAL)

Es el número de pasadas de un eje simple y ruedas duales de 8.2 ton (18 kips) de peso. Para el presente proyecto se está considerando el periodo de diseño de 10 años.

CUADRO N° 27
RESUMEN DE EJES EQUIVALENTES A 8.2 TON (ESAL) PROYECTADO
SIN FACTOR DE AJUSTE DE CARGA CON FACTOR DE
AJUSTE POR PRESION DE NEUMATICOS

| SECTOR HOMOGENEO | PERIODO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS | PERIODO DE DISEÑO (AÑOS) |
|---|-----------|------------------------------|--------------------------|
| Cutervo (Km 00+000) – Socota (Km 24+100) | 2016-2024 | 2.5E+05 | 10 |
| Socota (Km 25+480) - San Andrés de Cutervo (Km 48+200) | 2016-2024 | 2.5E+04 | 10 |
| San Andrés de Cutervo (Km 49+380) - Santo Tomás (Km 83+700) | 2016-2024 | 1.0E+04 | 10 |
| Santo Tomás (Km 84+100) - Pimpingos (Km 102+400) | 2016-2024 | 3.8E+04 | 10 |
| Pimpingos (Km 103+040) - Cuyca (Km 137+793.94) | 2016-2024 | 3.6E+04 | 10 |

d. Módulo de resiliencia efectivo del suelo de fundación, MR

En el método AAHTO 93, el Módulo de Resiliencia reemplaza al CBR como variable para caracterizar la subrasante, sub-base y base granular. El Módulo de Resiliencia es una medida de la propiedad elástica de los suelos que reconoce a su vez las características no lineales de su comportamiento.

Este parámetro se puede determinar a través de los ensayos dinámicos y de repeticiones de carga, sin embargo, la Guía AASHTO reconoce que muchas agencias no poseen los equipos para determinar el Módulo de Resiliencia y propone el uso de la conocida correlación con el CBR:

P-1
.....
ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63379
JEFE DE ESTUDIOS

Ju Paredes H
.....
ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos



CUADRO N° 28
CORRELACION DEL MODULO DE RESILENCIA Y CBR

| ECUACION DEL MODULO DE RESILENCIA | APLICABLE PARA CBR | PROCEDENCIA DE LA FORMULACION |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------------------|
| MR (psi) = 1500 * CBR | CBR < 10% | Ecuación Guía AASHTO 93 |
| MR (psi) = 3000 * CBR ^ 0.65 | 10% < CBR < 20% | Fórmula Sudafricana |
| MR (psi) = 4326 * lnCBR+241 | Suelos Granulares | Ecuación Guía AASHTO 93 |
| MR (psi) = 2555 * CBR ^ 0.64 | General | Guía AASHTO 2002 |

Para la determinación de los Valores de Módulo de Resiliencia del presente estudio, emplearemos la correlación planteada por la Guía AASHTO 2002, que fue planteada aplicable de manera general para cualquier valor de CBR.

e. Variación total del índice de serviciabilidad, ΔPSI

La serviciabilidad de un pavimento se ha definido como su habilidad de servir al tipo de tráfico que utiliza la facilidad vial. La medida fundamental de la serviciabilidad, tal como fue establecida en el Experimento Vial de la AASHTO, es el Índice de Serviciabilidad Actual (PSI), y que puede variar entre los rangos de cero (0) "vía intransitable" a cinco (5) "vía con un pavimento perfecto".

El índice de serviciabilidad Inicial (po) es función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción. El valor establecido en el Experimento Vial de la AASHTO para los pavimentos flexibles fue de 4.20.

En este caso, adoptamos un índice de serviciabilidad Inicial (po) de 3.80.

El índice de serviciabilidad Final (pt), es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía cuyo pavimento se diseña.

En este caso, adoptamos un índice de serviciabilidad Final (pt) de 2.50.

Por lo tanto, la variación total del Índice de Serviciabilidad será:

$$\begin{aligned}\Delta PSI &= po - pt \\ \Delta PSI &= 3.80 - 2.50 \\ \Delta PSI &= 1.30\end{aligned}$$

P-1
ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63379
JEFE DE ESTUDIOS

f. Coeficientes de drenaje

Representa el porcentaje de tiempo durante el Periodo de Diseño, que las capas granulares, estarán expuestas a niveles de humedad cercanos a la saturación.

Ing. Agustin Paredes Heredia
ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos



En el Cuadro N° 29: Valores de Coeficiente de Drenaje, muestra los valores recomendados para modificar los coeficientes de capas de base y sub-base granular, frente a condiciones de humedad.

CUADRO N° 29
VALORES DE COEFICIENTE DE DRENAJE

| CALIDAD DE DRENAJE | TERMINO DE REMOCION DE AGUA | PORCENTAJE DE TIEMPO DE EXPOSICION DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A NIVEL DE HUMEDAD PROXIMOS A LA SATURACION | | | |
|--------------------|-----------------------------|---|-------------|-------------|------|
| | | < 1% | 1% - 5% | 5% - 25% | 25% |
| EXCELENTE | 2 HORAS | 1.40 - 1.35 | 1.35 - 1.30 | 1.30 - 1.20 | 1.20 |
| BUENA | 1 DIA | 1.35 - 1.25 | 1.25 - 1.15 | 1.15 - 1.00 | 1.00 |
| ACEPTABLE | 1 SEMANA | 1.25 - 1.15 | 1.15 - 1.05 | 1.00 - 0.80 | 0.80 |
| POBRE | 1 MES | 1.15 - 1.05 | 1.05 - 0.80 | 0.80 - 0.60 | 0.60 |
| MUY POBRE | EL AGUA NO DRENA | 1.05 - 0.95 | 0.95 - 0.75 | 0.75 - 0.40 | 0.40 |

En el proyecto, la estación húmeda lluviosa se presenta generalmente de noviembre a marzo, extendiéndose hasta abril, pero con una pluviosidad menor, siendo de intensidad máxima en los meses de enero y febrero, prolongándose hasta marzo en forma intermitente.

Adicionalmente el suelo de la subrasante es permeable por el bajo contenido de finos que lo conforma.

En base a la gran variabilidad climática, y a las condiciones particulares donde se desarrolla el tramo en estudio; se estima que el tiempo de exposición de la estructura a nivel de humedad próxima a la saturación es del orden del 5 al 25%, calidad de drenaje ACEPTABLE, es así que los coeficientes de drenaje son:

- m_2 (Base Granular)=1.00
- m_3 (Sub-base Granular)=1.00

ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos

g. Periodo de diseño

El periodo de diseño contemplado para la obtención de la estructura del pavimento es de 10 años con ejecución en una sola etapa.

h. Índices estructurales

Los coeficientes estructurales de capa considerados para el cálculo del número estructural de diseño son los siguientes:

- a_1 (Base Granular) = 1.4/pulg
- a_2 (Sub-base Granular) = 1.2/pulg

ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63379
JEFE DE ESTUDIOS

5.4.3 Diseño del pavimento

La estructura del pavimento ha sido diseñada para soportar el peso de la densidad de tráfico proyectado para su ciclo de vida, altas presiones y esfuerzos, de tal manera que éstas lleguen satisfactoriamente a los suelos bajo el nivel de subrasante.



Se consideró las características geotécnicas de los materiales que conformarán la estructura vial, con propiedades de resistencia y valor de soporte creciente a partir del suelo de fundación y de allí a la superficie del pavimento.

Aplicando el Nomograma y/o la Ecuación de Diseño se obtiene para los parámetros indicados y un período de diseño de 10 años, los siguientes valores:

CUADRO N° 30
NUMERO ESTRUCTURAL DE DISEÑO

| SECTOR HOMOGENEO | SN |
|---|------|
| I-a : Cutervo (Km 00+000) - Pampa de Sucse (Km 19+460) | 1.76 |
| I-b : Pampa de Sucse (Km 19+460) - Socota (Km 24+100) | 1.76 |
| II : Socota (Km 25+480) - San Andrés de Cutervo (Km 48+200) | 1.38 |
| III : San Andrés de Cutervo (Km 49+380) - Santo Tomás (Km 83+700) | 1.17 |
| IV : Santo Tomás (Km 84+100) - Pimpingos (Km 102+400) | 1.41 |
| V : Pimpingos (Km 103+040) - Cuyca (Km 137+793.94) | 1.23 |

Por lo tanto, se obtiene para el proyecto con un periodo de servicio de 10 años, la siguiente estructura:

CUADRO N° 31
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO CON MORTERO ASFÁLTICO

| SECTOR HOMOGENEO | ESPESOR | | |
|---|---------------------|---|------------------------------|
| | SUB BASE (cm) | SUELO ESTABILIZADO CON EMULSIÓN (cm) | MORTERO ASFÁLTICO (cm) |
| I-a : Cutervo (Km 00+000) - Pampa de Sucse (Km 19+460) | 15 | 10 | 1.20 |
| I-b : Pampa de Sucse (Km 19+460) - Socota (Km 24+100) | 15 | 10 | 1.20 |
| II : Socota (Km 25+480) - San Andrés de Cutervo (Km 48+200) | -- | 15 | 1.20 |
| III : San Andrés de Cutervo (Km 49+380) - Santo Tomás (Km 83+700) | -- | 15 | 1.20 |
| IV : Santo Tomás (Km 84+100) - Pimpingos (Km 102+400) | -- | 15 | 1.20 |
| V : Pimpingos (Km 103+040) - Cuyca (Km 137+793.94) | -- | 15 | 1.20 |

P-1
ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63378
JEFE DE ESTUDIOS

Agustín Paredes Heredia
ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos

CUADRO N° 32
ALTERNATIVA DE INTERVENCIÓN N° 2

| SECTOR | AASHTO | | SUELO ESTABILIZADO CON CEMENTO PORTLAND (cm) | MORTERO ASFÁLTICO (cm) |
|---|--------|---------------|--|------------------------|
| | | SUB BASE (cm) | | |
| RECUBRIMIENTO BITUMINOSO: MORTERO ASFÁLTICO (SLURRY SEAL) | | | | |
| I-a : Cutervo (Km 00+000) - Pampa de Sucse (Km 19+460) | - | 15 | 15 | 1.2 |
| I-b : Pampa de Sucse (Km 19+460) - Socota (Km 24+100) | - | 15 | 15 | 1.2 |
| II : Socota (Km 25+480) - San Andrés de Cutervo (Km 48+200) | - | -- | 20 | 1.2 |
| III : San Andrés de Cutervo (Km 49+380) - Santo Tomás (Km 83+700) | - | -- | 20 | 1.2 |
| IV : Santo Tomás (Km 84+100) - Pimpingos (Km 102+400) | - | -- | 21 | 1.2 |
| V : Pimpingos (Km 103+040) - Cuyca (Km 137+793.94) | - | -- | 20 | 1.2 |

CUADRO N° 33
ALTERNATIVA DE INTERVENCIÓN N° 3

| SECTOR | AASHTO | | SUELO ESTABILIZADO CON EMULSIÓN (cm) | TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE (cm) |
|---|--------|---------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| | | SUB BASE (cm) | | |
| RECUBRIMIENTO BITUMINOSO: TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE | | | | |
| I-a : Cutervo (Km 00+000) - Pampa de Sucse (Km 19+460) | - | 15 | 10 | -- |
| I-b : Pampa de Sucse (Km 19+460) - Socota (Km 24+100) | - | 15 | 10 | -- |
| II : Socota (Km 25+480) - San Andrés de Cutervo (Km 48+200) | - | -- | 15 | -- |
| III : San Andrés de Cutervo (Km 49+380) - Santo Tomás (Km 83+700) | - | -- | 15 | -- |
| IV : Santo Tomás (Km 84+100) - Pimpingos (Km 102+400) | - | -- | 15 | -- |
| V : Pimpingos (Km 103+040) - Cuyca (Km 137+793.94) | - | -- | 15 | -- |

5.5 Diseño de Afirmando con el Método Usace

El cuerpo de Ingenieros del Ejército de EEUU ha acumulado una gran experiencia en el diseño y comportamiento de caminos para bajo volumen de tránsito. Aunque la mayor parte concierne a la transitabilidad de vehículos militares y aviones, la experiencia del USACE incluye también caminos de tierra, de grava y aquellos que poseen tratamientos bituminosos como superficies de rodamiento. El procedimiento se basa en ecuaciones (Ábaco) que permiten determinar el espesor de material requerido sobre una capa o sub rasante, identificada por su resistencia (CBR), a condición de que el CBR del material de recubrimiento sea mayor que el del subyacente.

P-1
.....
ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63378
JEFE DE ESTUDIOS

.....
ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEÓLOGO - CIP N° 57589

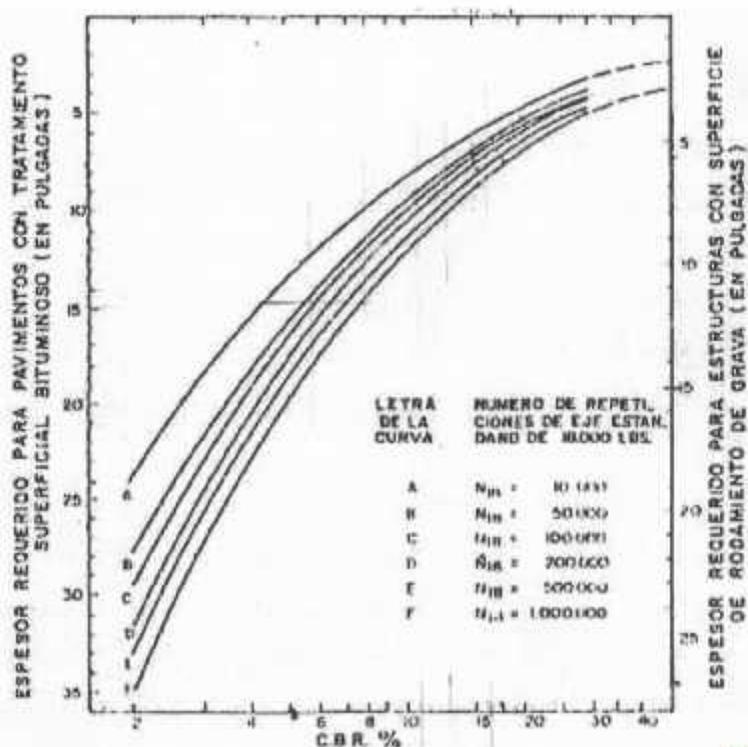


El término "requerido" se refiere a un espesor que permitirá un cierto número de repeticiones de carga, antes que la estructura alcance un nivel de deformación que corresponda a una serviciabilidad baja. En las ecuaciones de diseño (Ábaco), las cargas por ejes están caracterizadas por equivalentes por ruedas simples (en libras) y por el área de contacto (en pulgadas); de esta manera, se puede establecer en términos de repeticiones de ejes simples equivalentes de 18 000 libras.

Los espesores se determinan en función a:

- Capacidad de Soporte C.B.R. y
- Número de Repeticiones de Ejes Standard

ABACO N° 01
CURVAS PARA DISEÑO DE ESPESORES DE AFIRMADOS – MÉTODO USACE



CURVAS DE DISEÑO DE ESPESORES PARA ESTRUCTURAS CON Y SIN TRATAMIENTO BITUMINOSO, SEGUN ANALISIS USACE.

Ja Paredes H
ING. AGUSTÍN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos

P-1
ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 83378
JEFE DE ESTUDIOS

De la aplicación de la metodología de diseño correspondiente al método USACE y de las condiciones iniciales, se obtiene los correspondientes espesores de diseño.

5.6 Diseño del Pavimento con el Método NAASRA

5.6.1 Descripción

Este método desarrollado por la National Association of Australian State Road Authorities (hoy AUSTRROADS), fue analizada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2005), e incluida en el Manual para el Diseño de Caminos No



Pavimentados de Bajo Volumen de Transito, en el cual adopta una secuencia adecuada para el diseño de caminos no pavimentados, el cual se basa en el NAASRA.

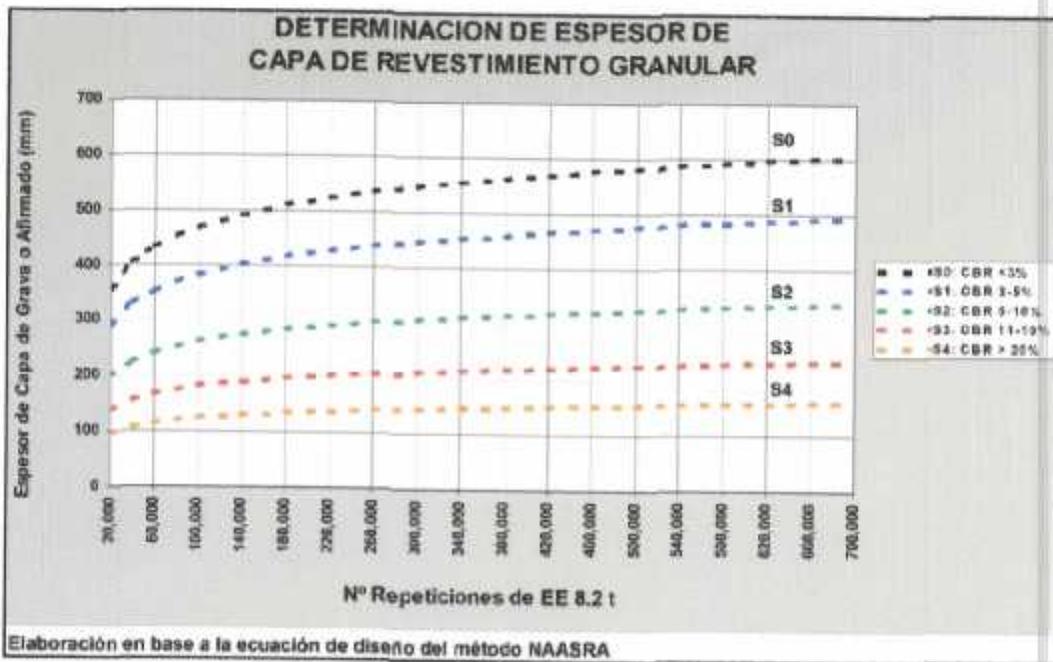
El método de diseño de NAASRA relaciona el valor de soporte del Suelo de CBR y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes (EE).

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} \text{CBR}) + 58 \times (\log_{10} \text{CBR})^2] \times \log_{10} x (\text{Nrep}/120)$$

Donde:

- e = espesor de la capa de afirmado en mm
- CBR = valor del CBR de la subrasante
- Nrep = número de repeticiones de EE para el carril de diseño

El Manual de Suelos y Pavimentos, ha elaborado un catálogo estructural de superficie de rodadura para el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado. Los catálogos incluyen secciones de las capas granulares de la estructura para cada clase de tráfico y de subrasante.



El diseño de la estructura del pavimento se podrá ajustar a las condiciones y experiencias locales en la zona de estudio.

ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63378
JEFE DE ESTUDIOS

5.6.2 Consideraciones sobre los Factores que se emplea en el Diseño

El espesor determinado estará compuesto por una capa de afirmado que de acuerdo al valor del IMD se clasifican de acuerdo a 04 tipos:

ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos

CUADRO N° 34
CLASIFICACION DEL TRAFICO SEGÙN IMDA

| IMDA | CLASE TRAFICO | CLASE TRAFICO |
|---------------------|---------------------|---------------|
| ≤ 15 Vehículos | $< 2.5E+04$ | T0 |
| 16 – 50 Vehículos | $3.2E+04 - 7.9E+04$ | T1 |
| 51 – 100 Vehículos | $7.9E+04 - 1.5E+05$ | T2 |
| 101 – 200 Vehículos | $1.6E+05 - 3.1E+05$ | T3 |
| 201 – 400 Vehículos | $3.1E+05 - 6.1E+05$ | T4 |

| CLASE | T0 | T1 | T2 | T3 | T4 |
|---|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| IMDa (Total vehículos ambos sentidos) | < 15 | 16 – 50 | 51 – 100 | 101 – 200 | 201 – 400 |
| Vehículos Pesados (carril de diseño) | < 6 | 6 – 15 | 16 – 20 | 20 – 56 | 57 – 112 |
| N° Rep. EE (carril de diseño) | $< 2.5 \times 10^4$ | $2.6 \times 10^4 - 7.8 \times 10^4$ | $7.9 \times 10^4 - 1.5 \times 10^5$ | $1.6 \times 10^5 - 3.1 \times 10^5$ | $3.2 \times 10^5 - 6.1 \times 10^5$ |

Por clasificación de acuerdo al valor de CBR de la Subrasante se clasifican de la siguiente manera:

CUADRO N° 35
CLASIFICACION DE SUB RASANTE

| CBR | CALIFICACION | TIPO DE SUBRASANTE |
|-------------|----------------------|--------------------|
| $< 3\%$ | Subrasante muy pobre | So |
| 3% - 5% | Subrasante Pobre | S1 |
| 6% - 10% | Subrasante regular | S2 |
| 11% - 19% | Subrasante buena | S3 |
| $\geq 20\%$ | Subrasante muy buena | S4 |

5.6.3 Parámetros de Diseño

a. Tráfico

El número acumulado de cargas de Eje Equivalente de diseño (8.20 Ton.) que circula por las vías de acceso durante la vida útil prevista, se ha determinado en base a la información de tráfico correspondiente al Estudio de Tráfico del presente proyecto.

Para el presente proyecto se está considerando el periodo de diseño de 10 años, según se detalla en los términos de referencia.

P-1
ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63379
JEFE DE ESTUDIOS

Ju. Paredes H
ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos

**b. Condiciones de sub-rasante**

Para la Evaluación de la subrasante, se efectuaron calicatas de 1.50 m. de profundidad; los materiales fueron clasificados obteniéndose un perfil estratigráfico, el mismo que facilitó la determinación de secciones homogéneas y/o Zonificación Geotécnica del suelo de la subrasante de la vía.

c. Cálculo de espesores método NAASRA

Para la determinación de los espesores de las capas que conforman la estructura del pavimento se ha empleado la metodología NAASRA que considera principalmente los parámetros de relación soporte (CBR) y el número de repeticiones.

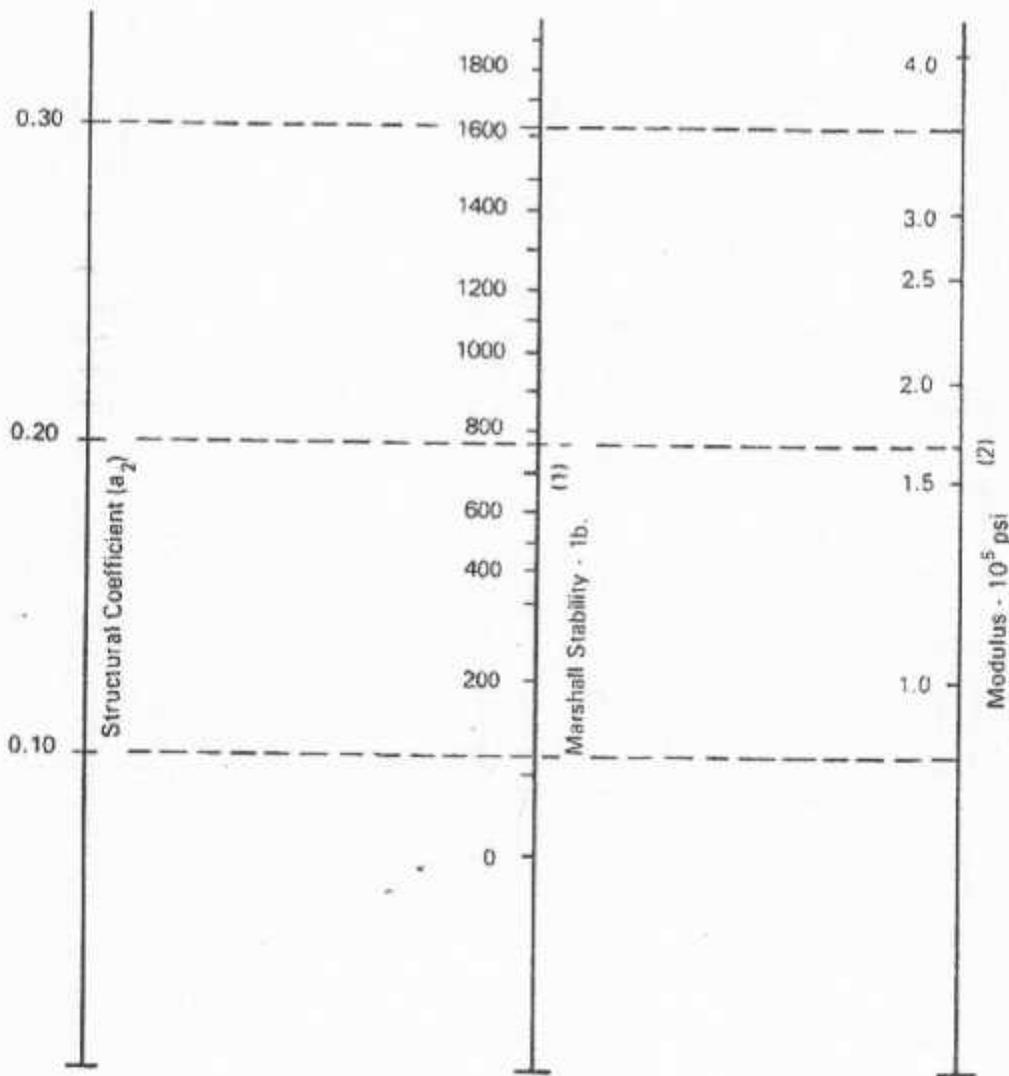
$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} \text{CBR}) + 58 \times (\log_{10} \text{CBR})^2] \times \log_{10} \times (\text{Nrep}/120)$$

En principio se ha establecido un **Periodo de Diseño de 10 años** (requeridos por el Proyecto). Por otro lado del perfil estratigráfico se observa un tramo homogéneo, de acuerdo a la calidad del suelo.

De la aplicación de la metodología de diseño correspondiente al método NAASRA y de las condiciones iniciales, se obtiene los correspondientes espesores de diseño.

P-1
ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOTOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63328
JEFE DE ESTUDIOS

Ju Paredes H
ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos

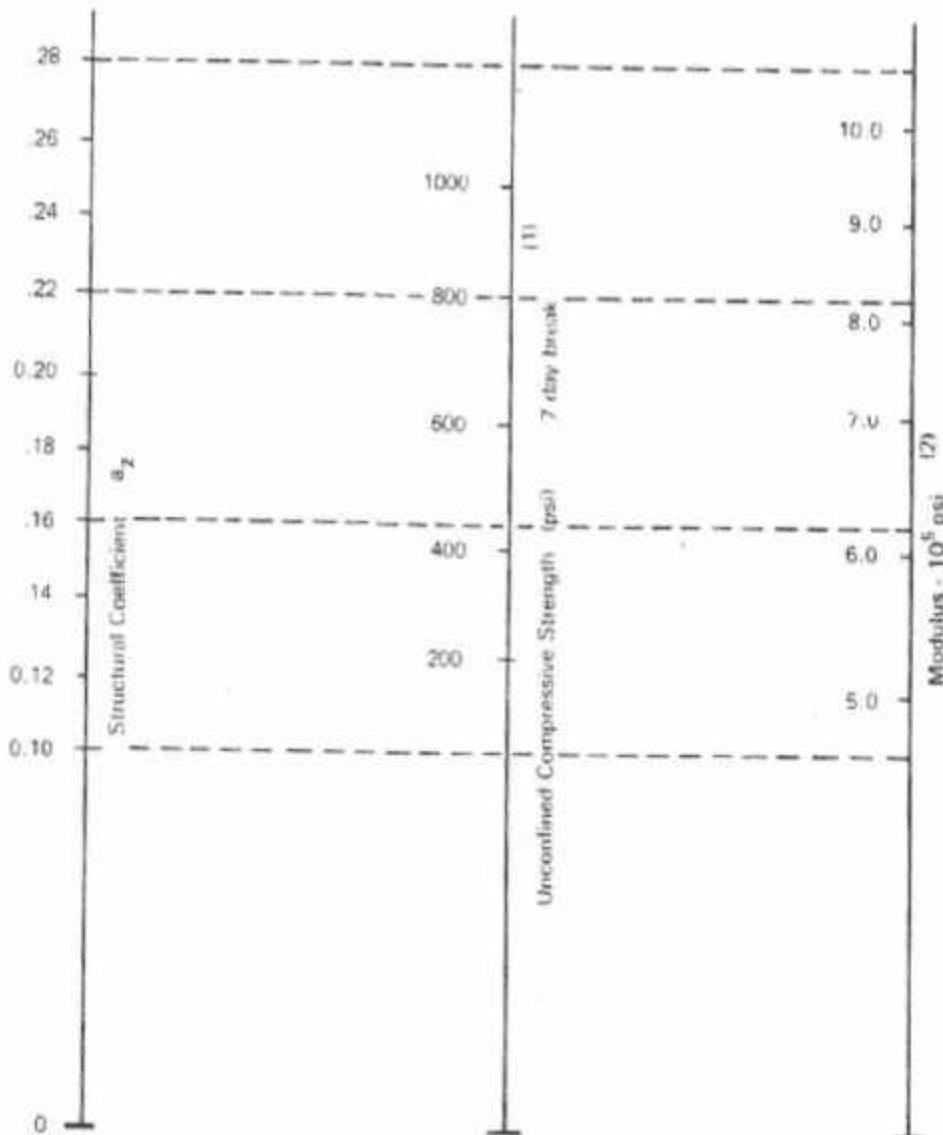


- (1) Scale derived by correlation obtained from Illinois.
- (2) Scale derived on NCHRP project (3).

Figure 2.9. Variation in a_2 for Bituminous-Treated Bases with Base Strength Parameter (3)

P-1
 ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
 ING. CIVIL - CIP N° 63370
 JEFE DE ESTUDIOS

Ju Paredes H
 ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
 ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
 Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos



- (1) Scale derived by averaging correlations from Illinois, Louisiana and Texas.
- (2) Scale derived on NCHRP project (3).

Figure 2.8. Variation in a_2 for Cement-Treated Bases with Base Strength Parameter (3)

P-1

ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
 ING. CIVIL - CIP N° 83378
 JEFE DE ESTUDIOS

Ju. Paredes H.

ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
 ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
 Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos



VI. POLITICAS DE MANTENIMIENTO

La ecuación que maximiza la diferencia a favor del beneficio del usuario, frente al gasto vial por inversión y conservación vial, constituye el nivel óptimo deseado, en la ingeniería de la vialidad pública.

Desde este punto de vista, la conservación del patrimonio vial del Estado requiere de un sistema de procesamientos técnicos especializados, ajustada por un permanente monitoreo de la condición vial para todos los tramos que forman parte del programa de conservación que normalmente tiene una parte rutinaria de ejecución anual y otra parte de ejecución periódica que debidamente coordinadas en el conjunto, deben lograr optimizar el costo para maximizar el beneficio del usuario.

La conservación vial puede definirse como el conjunto de actividades de obras de ingeniería vial, que requieren realizarse de manera preventiva para evitar el deterioro prematuro de los elementos que conforman la vía. Por esta causa, el monitoreo diario del camino en forma visual, es la actividad de rutina básica de la conservación vial; y da su nombre de "conservación rutinaria" al conjunto de actividades de corrección inmediata de defectos. La segunda parte denominada "conservación periódica", está conformada por obras que acumulan aspectos que no pueden ser de reparación inmediata, pero que si son visibles y en base a la experiencia y demanda del tráfico, son programables para ser realizadas por tramos viales, cuya prioridad se certifica en el campo en función de los registros de estado del camino.

Lo señalado en los párrafos anteriores está claramente establecido en el Manual de Carreteras, Sección MANTENIMIENTO O CONSERVACION VIAL, aprobado con Resolución Directoral N° 08-2014-MTC/14 de fecha del 27 de marzo del 2014, especificándose las Políticas de Mantenimiento según Niveles de Serviciabilidad para las alternativas propuestas en el presente documento.

P-1
ING. PEDRO FRANCISCO CAÑO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63378
JEFE DE ESTUDIOS

ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEÓLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos



VII. CONCLUSIONES

- 8.1 Este estudio tiene por finalidad definir la estructura del pavimento capaz de soportar las cargas del tránsito previstas para el periodo de servicio, mejorando su serviciabilidad, de tal forma se reduzcan los costos de operatividad.
- 8.2 Para el dimensionamiento del pavimento se han empleado en el análisis la metodología AASHTO 1993, USACE Y NAASRA, así como los parámetros obtenidos de las evaluaciones efectuadas.
- 8.3 Bajo los considerandos antes señalados se han definido la alternativa 1, mezcla estabilizada de material granular con asfalto residual y con recubrimiento de Mortero Asfáltico (Slurry Seal) modificada con polímeros, a ser empleada en la intervención del pavimento.

CUADRO N° 36
ALTERNATIVA DE INTERVENCIÓN N° 1

| SECTOR HOMOGÉNEO | ESPESOR | | |
|---|---------------|--------------------------------------|------------------------|
| | SUB BASE (cm) | SUELO ESTABILIZADO CON EMULSIÓN (cm) | MORTERO ASFÁLTICO (cm) |
| I-a : Cutervo (Km 00+000) - Pampa de Sucse (Km 19+460) | 15 | 10 | 1.20 |
| I-b : Pampa de Sucse (Km 19+460) - Socota (Km 24+100) | 15 | 10 | 1.20 |
| II : Socota (Km 25+480) - San Andrés de Cutervo (Km 48+200) | -- | 15 | 1.20 |
| III : San Andrés de Cutervo (Km 49+380) - Santo Tomás (Km 83+700) | -- | 15 | 1.20 |
| IV : Santo Tomás (Km 84+100) - Pimpingos (Km 102+400) | -- | 15 | 1.20 |
| V : Pimpingos (Km 103+040) - Cuyca (Km 137+793.94) | -- | 15 | 1.20 |

P-1
ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63379
JEFE DE ESTUDIOS

ING. AGUSTÍN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y ComunicacionesCUADRO N° 37
ALTERNATIVA DE INTERVENCIÓN N° 2

| SECTOR | AASHTO | | SUELO ESTABILIZADO CON CEMENTO PORTLAND (cm) | MORTERO ASFÁLTICO (cm) |
|---|--------|---------------|--|------------------------|
| | | SUB BASE (cm) | | |
| RECUBRIMIENTO BITUMINOSO: MORTERO ASFÁLTICO (SLURRY SEAL) | | | | |
| I-a : Cutervo (Km 00+000) - Pampa de Sucse (Km 19+460) | - | 15 | 15 | 1.2 |
| I-b : Pampa de Sucse (Km 19+460) - Socota (Km 24+100) | - | 15 | 15 | 1.2 |
| II : Socota (Km 25+480) - San Andrés de Cutervo (Km 48+200) | - | -- | 20 | 1.2 |
| III : San Andrés de Cutervo (Km 49+380) - Santo Tomás (Km 83+700) | - | -- | 20 | 1.2 |
| IV : Santo Tomás (Km 84+100) - Pimpingos (Km 102+400) | - | -- | 21 | 1.2 |
| V : Pimpingos (Km 103+040) - Cuyca (Km 137+793.94) | - | -- | 20 | 1.2 |

CUADRO N° 38
ALTERNATIVA DE INTERVENCIÓN N° 3

| SECTOR | AASHTO | | SUELO ESTABILIZADO CON EMULSIÓN (cm) | TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE (cm) |
|---|--------|---------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| | | SUB BASE (cm) | | |
| RECUBRIMIENTO BITUMINOSO: TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE | | | | |
| I-a : Cutervo (Km 00+000) - Pampa de Sucse (Km 19+460) | - | 15 | 10 | -- |
| I-b : Pampa de Sucse (Km 19+460) - Socota (Km 24+100) | - | 15 | 10 | -- |
| II : Socota (Km 25+480) - San Andrés de Cutervo (Km 48+200) | - | -- | 15 | -- |
| III : San Andrés de Cutervo (Km 49+380) - Santo Tomás (Km 83+700) | - | -- | 15 | -- |
| IV : Santo Tomás (Km 84+100) - Pimpingos (Km 102+400) | - | -- | 15 | -- |
| V : Pimpingos (Km 103+040) - Cuyca (Km 137+793.94) | - | -- | 15 | -- |

P-1

 ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
 ING. CIVIL - CIP N° 63379
 JEFE DE ESTUDIOS

Ju Paredes H

 ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
 ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
 Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos

**DOSIFICACIÓN**

- | | | |
|----|---|---------------------------------------|
| 1. | SUELO ESTABILIZADO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA | |
| ✓ | <i>Emulsión Asfáltica CRS-1</i> | 14.53 gal/m ³ |
| ✓ | <i>Zarandeo mecánico para material granular previo a la estabilización.</i> | |
| 2. | SUELO GRANULAR ESTABILIZADO CON CEMENTO | |
| ✓ | <i>Cemento Portland</i> | 1.51 bls/m ³ |
| ✓ | <i>Zarandeo mecánico para material granular previo a la estabilización.</i> | |
| 3. | MORTERO ASFÁLTICO (e=1.20cm) | |
| ✓ | <i>Emulsión Asfáltica CRS-1 Modificado con Polímeros</i> | 0.7944 gal/m ² |
| ✓ | <i>Filler (Cemento)</i> | 0.0030 bls/m ² |
| ✓ | <i>Agua</i> | 0.0023 m ³ /m ² |
| ✓ | <i>Arena Chancada</i> | 0.0120 gal/m ² |
| 4. | TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE | |
| ✓ | <i>Asfalto Diluido MC - 30</i> | 1.9000 lit/m ² |
| ✓ | <i>Piedra Chancada</i> | 0.0170 m ³ /m ² |

P-1

ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63378
JEFE DE ESTUDIOS

Agustín Paredes H
ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones



CUADRO N° 39

RESUMEN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIONES DEL PAVIMENTO

| SECTOR | PAVIMENTO ACTUAL | ALTERNATIVA 1 | ALTERNATIVA 2 | ALTERNATIVA 3 |
|---|------------------|--|--|---|
| Cutervo (km 0+000) – Sócata (km 24+100) | Afirmado | <ul style="list-style-type: none"> - Colocar material granular de Cantera con CBR \geq 40% al 100% MDS, e = 15 cm. - Colocar material granular de Cantera con CBR \geq 40%, al 100% MDS, para Suelo estabilizado con emulsión asfáltica CRS-1 (2%), e = 10 cm (Estabilidad marshall = 1500 lb). - Imprimación asfáltica con emulsión asfáltica de rotura rápida de baja viscosidad CRS-1 (Asphalt Emulsion Primer - AEP). - Colocación de Mortero Asfáltico con Emulsión Asfáltica CRS-1 modificado con polímeros (Arena triturada), e= 1.2cm. <p>Mantenimiento Periódico: - Al cuarto y octavo año colocar mortero asfáltico (Arena triturada), e= 1.2cm.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Colocar material granular de Cantera con CBR \geq 40% al 100% MDS, e = 15 cm. - Colocar material granular de Cantera con CBR \geq 40%, al 100% MDS, para Suelo estabilizado con cemento portland Tipo I (4% en peso de los agregados), e = 15 cm (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm²). - Imprimación asfáltica con emulsión asfáltica de rotura rápida de baja viscosidad CRS-1 (Asphalt Emulsion Primer - AEP). - Colocación de Mortero Asfáltico con Emulsión Asfáltica CRS-1 modificado con polímeros (Arena triturada), e= 1.2cm. <p>Mantenimiento Periódico: - Al tercer año y después cada dos años colocar mortero asfáltico (Arena triturada), e= 1.2cm.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Colocar material granular de Cantera con CBR \geq 40% al 100% MDS, e = 15 cm. - Colocar material granular de Cantera con CBR \geq 40%, al 100% MDS, para Suelo estabilizado con emulsión asfáltica CRS-1 (2%), e = 10 cm (Estabilidad marshall = 1500 lb). - Imprimación asfáltica con MC 30. - Colocación de Tratamiento Superficial Doble. <p>Mantenimiento Periódico: - Al cuarto y octavo año colocar mortero asfáltico (Arena triturada), e= 1.2cm.</p> |
| Socota (Km 24+100 – Km 25+480) | Pavimento Rígido | No se intervendrá debido a la existencia de pavimento rígido en buen estado | | |
| Sócata (km 25+480) – San Andrés de Cutervo (km 48+200) | Afirmado | <ul style="list-style-type: none"> - Colocar material granular de Cantera con CBR \geq 40%, al 100% MDS, para Suelo estabilizado con emulsión asfáltica CRS-1 (2%), e = 15 cm (Estabilidad marshall = 1500 lb). - Imprimación asfáltica con emulsión asfáltica de rotura rápida de baja viscosidad CRS-1 (Asphalt Emulsion Primer - AEP). - Colocación de Mortero Asfáltico con Emulsión Asfáltica CRS-1 modificado con polímeros (Arena triturada), e= 1.2cm. <p>Mantenimiento Periódico: - Al cuarto y octavo año colocar mortero asfáltico (Arena triturada), e= 1.2cm.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Colocar material granular de Cantera con CBR \geq 40%, al 100% MDS, para Suelo estabilizado con cemento portland Tipo I (4% en peso de los agregados), e = 20 cm (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm²). - Imprimación asfáltica con emulsión asfáltica de rotura rápida de baja viscosidad CRS-1 (Asphalt Emulsion Primer - AEP). - Colocación de Mortero Asfáltico con Emulsión Asfáltica CRS-1 modificado con polímeros (Arena triturada), e= 1.2cm. <p>Mantenimiento Periódico: - Al tercer año y después cada dos años colocar mortero asfáltico (Arena triturada), e= 1.2cm.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Colocar material granular de Cantera con CBR \geq 40%, al 100% MDS, para Suelo estabilizado con emulsión asfáltica CRS-1 (2%), e = 15 cm (Estabilidad marshall = 1500 lb). - Imprimación asfáltica con MC 30. - Colocación de Tratamiento Superficial Doble. <p>Mantenimiento Periódico: - Al cuarto y octavo año colocar mortero asfáltico (Arena triturada), e= 1.2cm.</p> |
| San Andrés de Cutervo (Km 48+200 – Km 49+380) | Pavimento Rígido | No se intervendrá debido a la existencia de pavimento rígido en buen estado | | |
| San Andrés de Cutervo (km 49+380) – Santo Tomas (km 83+700) | Afirmado | <ul style="list-style-type: none"> - Colocar material granular de Cantera con CBR \geq 40%, al 100% MDS, para Suelo estabilizado con emulsión asfáltica CRS-1 (2%), e = 15 cm (Estabilidad marshall = 1500 lb). - Imprimación asfáltica con emulsión asfáltica de rotura rápida de baja viscosidad CRS-1 (Asphalt Emulsion Primer - AEP). - Colocación de Mortero Asfáltico con Emulsión Asfáltica CRS-1 modificado con polímeros (Arena triturada), e= 1.2cm. <p>Mantenimiento Periódico: - Al cuarto y octavo año colocar</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Colocar material granular de Cantera con CBR \geq 40%, al 100% MDS, para Suelo estabilizado con cemento portland Tipo I (4% en peso de los agregados), e = 20 cm (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm²). - Imprimación asfáltica con emulsión asfáltica de rotura rápida de baja viscosidad CRS-1 (Asphalt Emulsion Primer - AEP). - Colocación de Mortero Asfáltico con Emulsión Asfáltica CRS-1 modificado con polímeros (Arena triturada), e= 1.2cm. | <ul style="list-style-type: none"> - Colocar material granular de Cantera con CBR \geq 40%, al 100% MDS, para Suelo estabilizado con emulsión asfáltica CRS-1 (2%), e = 15 cm (Estabilidad marshall = 1500 lb). - Imprimación asfáltica con MC 30. - Colocación de Tratamiento Superficial Doble. <p>Mantenimiento Periódico: - Al cuarto y octavo año colocar mortero asfáltico (Arena triturada), e= 1.2cm.</p> |

P-1
 ING. PEDRO FRANCISCO CAMO LOTOCA
 ING. CIVIL - CP N° 63010
 JEFE DE ESTUDIOS

ESTUDIO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL DE LA CARRETERA CUTERVO – SOCOTA – SAN ANDRÉS – SANTO TOMAS – PIMPINGOS - CUYCA POR NIVELES DE SERVICIOS
 3.4 ESTUDIO PAVIMENTOS EXISTENTES Y DISEÑO DE PAVIMENTO BASICO

000040

 AG. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
 ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
 Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones



| SECTOR | PAVIMENTO ACTUAL | ALTERNATIVA 1 | ALTERNATIVA 2 | ALTERNATIVA 3 |
|--|------------------|--|--|---|
| | | mortero asfáltico (Arena triturada), e= 1.2cm. | Mantenimiento Periódico: Al tercer año y después cada dos años colocar mortero asfáltico (Arena triturada), e= 1.2cm. | |
| Santo Tomás (Km 83+700 – Km 84+100) | Pavimento Rígido | No se intervendrá debido a la existencia de pavimento rígido en buen estado | | |
| Santo Tomás (km 84+100) – Pimpingos (km 102+400) | Afirmado | <ul style="list-style-type: none"> - Colocar material granular de Cantera con CBR \geq 40%, al 100% MDS, para Suelo estabilizado con emulsión asfáltica CRS-1 (2%), e = 15 cm (Estabilidad marshall = 1500 lb). - Imprimación asfáltica con emulsión asfáltica de rotura rápida de baja viscosidad CRS-1 (Asphalt Emulsion Primer - AEP). - Colocación de Mortero Asfáltico con Emulsión Asfáltica CRS-1 modificado con polímeros (Arena triturada), e= 1.2cm. <p>Mantenimiento Periódico: - Al cuarto y octavo año colocar mortero asfáltico (Arena triturada), e= 1.2cm.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Colocar material granular de Cantera con CBR \geq 40%, al 100% MDS, para Suelo estabilizado con cemento portland Tipo I (4% en peso de los agregados), e = 21 cm (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm²). - Imprimación asfáltica con emulsión asfáltica de rotura rápida de baja viscosidad CRS-1 (Asphalt Emulsion Primer - AEP). - Colocación de Mortero Asfáltico con Emulsión Asfáltica CRS-1 modificado con polímeros (Arena triturada), e= 1.2cm. <p>Mantenimiento Periódico: Al tercer año y después cada dos años colocar mortero asfáltico (Arena triturada), e= 1.2cm.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Colocar material granular de Cantera con CBR \geq 40%, al 100% MDS, para Suelo estabilizado con emulsión asfáltica CRS-1 (2%), e = 15 cm (Estabilidad marshall = 1500 lb). - Imprimación asfáltica con MC 30. - Colocación de Tratamiento Superficial Doble. <p>Mantenimiento Periódico: - Al cuarto y octavo año colocar mortero asfáltico (Arena triturada), e= 1.2cm.</p> |
| Pimpingos (Km 102+400 – Km 103+040) | Pavimento Rígido | No se intervendrá debido a la existencia de pavimento rígido en buen estado | | |
| Pimpingos (km 103+040) – Cuyca (km 137+793.94) | Afirmado | <ul style="list-style-type: none"> - Colocar material granular de Cantera con CBR \geq 40%, al 100% MDS, para Suelo estabilizado con emulsión asfáltica CRS-1 (2%), e = 15 cm (Estabilidad marshall = 1500 lb). - Imprimación asfáltica con emulsión asfáltica de rotura rápida de baja viscosidad CRS-1 (Asphalt Emulsion Primer - AEP). - Colocación de Mortero Asfáltico con Emulsión Asfáltica CRS-1 modificado con polímeros (Arena triturada), e= 1.2cm. <p>Mantenimiento Periódico: - Al cuarto y octavo año colocar mortero asfáltico (Arena triturada), e= 1.2cm.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Colocar material granular de Cantera con CBR \geq 40%, al 100% MDS, para Suelo estabilizado con cemento portland Tipo I (4% en peso de los agregados), e = 20 cm (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm²). - Imprimación asfáltica con emulsión asfáltica de rotura rápida de baja viscosidad CRS-1 (Asphalt Emulsion Primer - AEP). - Colocación de Mortero Asfáltico con Emulsión Asfáltica CRS-1 modificado con polímeros (Arena triturada), e= 1.2cm. <p>Mantenimiento Periódico: - Al tercer año y después cada dos años colocar mortero asfáltico (Arena triturada), e= 1.2cm.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Colocar material granular de Cantera con CBR \geq 40%, al 100% MDS, para Suelo estabilizado con emulsión asfáltica CRS-1 (2%), e = 15 cm (Estabilidad marshall = 1500 lb). - Imprimación asfáltica con MC 30. - Colocación de Tratamiento Superficial Doble. <p>Mantenimiento Periódico: - Al cuarto y octavo año colocar mortero asfáltico (Arena triturada), e= 1.2cm.</p> |

P-1
 ING. PEDRO I. JACISCO CANO LOYOLA
 ING. CIVIL - CIP N° 63378
 JEFE DE ESTUDIOS

Ju Paredez H
 ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
 ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
 Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos



VIII. RECOMENDACIONES

- Para garantizar la permanencia del pavimento, se recomienda que el pavimento tenga un mantenimiento rutinario, preventivo y correctivo durante el periodo de duración previsto.
- Las recomendaciones señaladas en el presente Estudio de Diseño de Pavimento deberán ser concordantes con las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras del MTC (EG - 2013) aprobado por Resolución Directoral N°22-2013-MTC/14 del 07 de agosto de 2013.
- Las Especificaciones Técnicas de los componentes del proyecto de pavimentación, tales como: a).- Material Granular para Suelo Estabilizado con Emulsión Asfáltica y con Cemento Portland, b).- Mortero Asfáltico (Slurry Seal), c).- Tratamiento Superficial Doble (TSD), están definidos de manera precisa en El manual de Carretera - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras del MTC (EG - 2013) - Tomo I. Aprobado por Resolución Directoral N°22-2013-MTC/14 del 07 de agosto de 2013, debiéndose respetar dichos requisitos de Calidad de Materiales, Procedimiento Constructivo y Sistemas de Control de calidad.
- Las Políticas de Mantenimiento se ejecutarán según Niveles de Serviabilidad en función a lo especificado en el MANUAL DE CARRETERAS, Sección MANTENIMIENTO O CONSERVACION VIAL, aprobado con Resolución Directoral N° 08-2014-MTC/14 de fecha 27 de marzo del 2014 y cuya aplicación es obligatoria en la infraestructura vial del país.

P-1
ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
ING. CIVIL - CIP N° 63379
JEFE DE ESTUDIOS

ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones



DISEÑO DE PAVIMENTOS

ESTUDIO DE PRE INVERSION A NIVEL DE PERFIL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CUTERVO - SOCOTA- SAN ANDRES - SANTO TOMAS PIMPINGOS - CUYCA POR NIVELES DE SERVICIO

CALCULO DE DISEÑO DE PAVIMENTOS

| TRAMO | EJES EQUIVALENTES | CBR DISEÑO (%) | MASSRA | | AASHTO '93 | | | | | | | | | | SUELO GRANULAR ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICA | | | | | | SUELO GRANULAR ESTABILIZADO CON CEMENTO PORTLAND | | | | | | | | | |
|---|-------------------|----------------|------------------------|-----------------------|------------|--------|------|------|------|----------|-------|------|-----------|-----------|--|-----------|---------|---------|---------|----|--|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|----|----|------|
| | | | ESPESOR CALCULADO (cm) | ESPESOR ADOPTADO (cm) | Ri(%) | Zr | So | Pi | Pt | EAL | Mr | SN | a1 (1/cm) | a2 (1/cm) | m2 (1/cm) | m3 (1/cm) | D1 (cm) | D2 (cm) | D3 (cm) | SN | a1 (1/cm) | a2 (1/cm) | m2 (1/cm) | m3 (1/cm) | D1 (cm) | D2 (cm) | D3 (cm) | SN | | |
| Ia Cutervo - Pampa de Suse | 2.46E+05 | 18.8 | 14.7 | 15.0 | 70 | -0.524 | 0.45 | 3.80 | 2.00 | 2.46E+05 | 16705 | 1.76 | 0 | 0.114 | 1 | 2.048 | 1 | 0 | 10 | 15 | 1.86 | 0 | 0.07 | 1 | 0.048 | 1 | 0 | 15 | 15 | 1.77 |
| Ib Pampa de Suse - Socota | 2.46E+05 | 18.8 | 14.7 | 15.0 | 70 | -0.524 | 0.45 | 3.80 | 2.00 | 2.46E+05 | 16705 | 1.76 | 0 | 0.114 | 1 | 2.048 | 1 | 0 | 10 | 15 | 1.86 | 0 | 0.07 | 1 | 0.048 | 1 | 0 | 15 | 15 | 1.77 |
| II Socota - San Andrés de Cutervo | 2.50E+04 | 9.1 | 16.2 | 20.0 | 65 | -0.385 | 0.45 | 3.80 | 2.00 | 2.50E+04 | 10500 | 1.38 | 0 | 0.114 | 1 | 2.048 | 1 | 0 | 15 | 0 | 1.71 | 0 | 0.07 | 1 | 0.048 | 1 | 0 | 20 | 0 | 1.40 |
| III San Andrés de Cutervo - Santo Tomás | 1.04E+04 | 9.1 | 13.6 | 15.0 | 65 | -0.385 | 0.45 | 3.80 | 2.00 | 1.04E+04 | 10500 | 1.17 | 0 | 0.114 | 1 | 2.048 | 1 | 0 | 15 | 0 | 1.71 | 0 | 0.07 | 1 | 0.048 | 1 | 0 | 20 | 0 | 1.40 |
| IV Santo Tomás - Pimpingos | 3.83E+04 | 11.1 | 15.5 | 15.0 | 65 | -0.385 | 0.45 | 3.80 | 2.00 | 3.83E+04 | 11930 | 1.41 | 0 | 0.114 | 1 | 2.048 | 1 | 0 | 15 | 0 | 1.71 | 0 | 0.07 | 1 | 0.048 | 1 | 0 | 21 | 0 | 1.47 |
| V Pimpingos - Cuyca | 3.81E+04 | 17.3 | 11.6 | 15.0 | 65 | -0.385 | 0.45 | 3.80 | 2.00 | 3.81E+04 | 15839 | 1.23 | 0 | 0.114 | 1 | 2.048 | 1 | 0 | 15 | 0 | 1.71 | 0 | 0.07 | 1 | 0.048 | 1 | 0 | 20 | 0 | 1.40 |

ING. PEDRO FRANCISCO CAMO LOYOLA
ING. CIVIL - CP N° 63078
JEFE DE ESTUDIOS

ING. AGUSTIN EDUARDO PABERES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos



PERU

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones



GRAFICOS DE ESPEORES DEL DISEÑO DE PAVIMENTOS

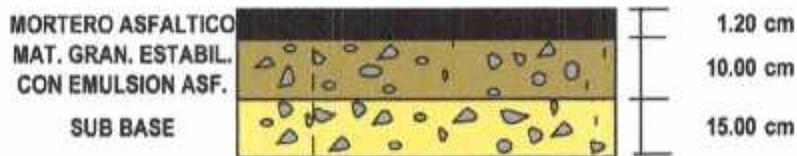


GRAFICO DEL DISEÑO DE PAVIMENTOS

SUELO ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICA

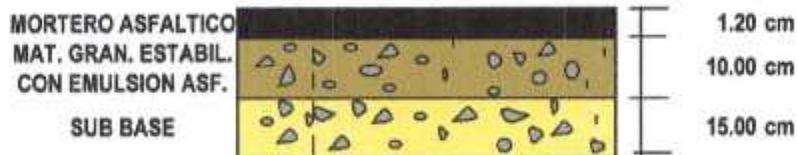
TRAMO I-a: CUTERVO - PAMPA DE SUCSE

Espesores mínimos requeridos:



TRAMO I-b: PAMPA DE SUCSE - SOCOTA

Espesores mínimos requeridos



P-1

ING. PEDRO FRANCISCO GANO LOYOLA
-ING. CIVIL - CIP N° 83379
JEFE DE ESTUDIOS

Agustin Paredes Heredia

ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES HEREDIA
ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos

000046



PERU

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

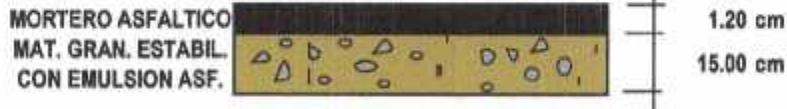


GRAFICO DEL DISEÑO DE PAVIMENTOS

SUELO ESTABILIZADO CON EMULSION ASFALTICA

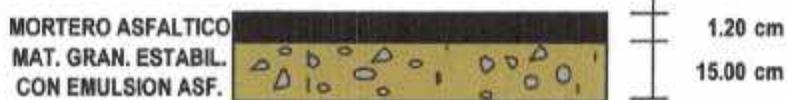
TRAMO II: SOCOTA - SAN ANDRES DE CUTERVO

Espesores mínimos requeridos:



TRAMO III: SAN ANDRES DE CUTERVO - SANTO TOMAS

Espesores mínimos requeridos:



TRAMO IV: SANTO TOMAS - PIMPINGOS

Espesores mínimos requeridos:



TRAMO V: PIMPINGOS - CUYCA

Espesores mínimos requeridos:



P-1
 ING. PEDRO FRANCISCO CANO LOYOLA
 ING. CIVIL - CIP N° 83373
 JEFE DE ESTUDIOS

Ju. Paredes H
 ING. AGUSTIN EDMUNDO PAREDES VERA
 ING. GEOLOGO - CIP N° 57589
 Especialista en Geología, Suelos y Pavimentos

000047