



**PERÚ** Ministerio de Transportes y Comunicaciones



✓  
30

**XSTRATA TINTAYA S.A. – PROVÍAS NACIONAL**

**I. Volumen N° 1  
Memoria Descriptiva y Estudios Básicos**

**7.0 Estudio de Pavimentos**

**INFORME N° 06 INFORME FINAL**



**ESTUDIO DEFINITIVO  
PARA LA REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA YAURI –  
NEGROMAYO – OSCOLLO – IMATA  
TRAMO: DV. IMATA – OSCOLLO – NEGROMAYO**



**CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
I H ASESORES Y CONSULTORES S.A.C – DREMC CONSULTORES S.A.**

**AGOSTO 2011**

## INDICE

### CAPÍTULO 7: DISEÑO DEL PAVIMENTO Y SECCIONES TÍPICAS DEL MISMO

<b>7.1 ESTUDIO DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO</b> .....	Pág. 01
7.1.1. Condición Superficial de la Plataforma Vial.....	Pág. 01
7.1.2. Condición Funcional del Pavimento.....	Pág. 05
7.1.3. Condición Estructural del Pavimento.....	Pág. 09
<b>7.2 DISEÑO DEL PAVIMENTO</b> .....	Pág. 10
7.2.1. Método AASHTO.....	Pág. 10
7.2.1.1 Parámetros de diseño.....	Pág. 11
7.2.1.2 Diseño del pavimento para 20 años (Una Etapa).....	Pág. 12
7.2.1.3 Diseño del pavimento para el periodo del año 10 al año 20 (en dos etapas).....	Pág. 13
7.2.2. Método del Instituto del Asfalto.....	Pág. 17
7.2.2.1. Parámetros de diseño.....	Pág. 18
7.2.2.2. Diseño del pavimento.....	Pág. 18
7.2.3. Estructura de Pavimento del Proyecto.....	Pág. 20
<b>7.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	Pág. 21

CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
  
Ing. Pedro F. Cano Loyola  
Jefe de Proyecto  
CIP 63379

CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
  
Ing. Juan S. Sanchez Guando  
Esp. en Suelos y Pavimentos  
CIP 59781

## CAPÍTULO 7: DISEÑO DEL PAVIMENTO Y SECCIONES TÍPICAS DEL MISMO

### 7.1 ESTADO DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

#### 7.1.1. Condición Superficial de la Plataforma Vial

En este ítem se establece el estado en que se encuentra la superficie de rodadura del pavimento afirmado existente.

Es necesario señalar que la carretera materia de estudio se encuentra en constante mantenimiento por parte de la empresa Minera Xstrata Tintaya, observándose en campo el uso de dos módulos compuestos cada uno por motoniveladora, rodillo liso, y tanque de agua.

Para efectuar las mediciones y establecer el estado de condición de la superficie de rodadura se tomó como base el "Technical Manual TM 5-626 – Unsurfaced Road Maintenance Management" (enero 1995) del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (USACE). Los siete tipos de fallas consideradas en este manual son los siguientes:

- **Sección inadecuada.**- La carretera debe tener una sección con bastante pendiente desde el eje hacia el hombro para drenar el agua. La sección es inapropiada cuando la superficie de la carretera no tiene la forma para llevar el agua hacia las cunetas laterales.
- **Drenaje lateral inadecuado.**- Pobre drenaje causado por agua estancada. El drenaje se hace un problema cuando las cunetas y alcantarillas no tienen las condiciones suficientes para evacuar el agua, porque la sección o el mantenimiento es inapropiado.
- **Encalaminado.**- Corrugaciones con cumbres y valles distanciados en pequeños espaciamientos, en intervalos regulares. Las cumbres son perpendiculares a la dirección del tráfico. Este tipo de falla son causados normalmente por el tráfico y el desprendimiento del agregado. Estas crestas usualmente forman colinas en curvas, en áreas de aceleración o desaceleración, o cuando la textura de la carretera es suave o tenga baches.
- **Polvo.**- El desgaste y remoción provocado por el tráfico sobre superficies sin recubrimiento ocasiona el levantamiento de partículas de la capa granular. Cuando el tráfico circula, las nubes de polvo crean daño y causan significativamente problemas medioambientales.
- **Baches.**- Son hoyos de forma circular en la superficie de la carretera. Son usualmente menores a 1 m de diámetro. Los baches son producidos cuando el tráfico remueve pequeñas piezas de la superficie de la carretera; siendo más rápido cuando el agua ingresa al agujero, porque el desprendimiento del material es alto en el suelo subyacente débil.



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO

  
Ing. Pedro F. Cano Loyola  
Jefe de Proyecto  
CIP 63379



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO

  
Ing. Juan S. Sánchez Guando  
Esp. en Suelos y Pavimentos  
CIP 59781

- **Ahuellamiento.**- Es una depresión en la superficie en las huellas que son paralelas al eje de la carretera. Los ahuellamientos son causados por permanente deformación en alguna de las capas de la carretera o subrasante. Esto resulta de la repetición en la circulación de vehículos, especialmente cuando los suelos de la carretera son débiles.
- **Pérdida de agregado.**- El desgaste y remoción que provoca el tráfico sobre la superficie granular será eventualmente la pérdida de partículas de agregados grandes. Esto produce la pérdida de agregados de los caminos. El tráfico mueve las partículas en las huellas del camino y se deposita a todo lo largo del hombro de carretera.

La evaluación de la calzada se efectuó en la integridad de la carretera, anotándose las fallas existentes, tanto las producidas por los efectos del medio ambiente (sol, lluvia, etc.), así como los producidos por la acción del tráfico. En este caso se debe recalcar que la mayoría de vehículos que circula por la vía en estudio es pesado, los cuales transportan minerales, combustibles, etc. para la mina Xstrata - Tintaya.

Para efectos del inventario de fallas la carretera fue seccionada, en distancias aproximadas de 500 m, en la cual se efectuaron las mediciones, y evaluaciones conforme lo establece el "Technical Manual TM 5-626 – Unsurfaced Road Maintenance Management".

En el Anexo N° 3 del Informe N° 1 del estudio de Pavimentos a nivel de Factibilidad desarrollado por el Consorcio Vial Sur Andino (2010), se adjuntan las Hojas de Inspección (Unsurfaced Road Inspection Sheet) con los resultados de las mediciones efectuadas.

De la información tomada durante el relevamiento de fallas, los resultados se pueden resumir como a continuación se indica:

- **Encalaminado:**

Este tipo de falla se presenta básicamente en las zonas de curvas (horizontales y verticales) de la carretera afirmada, pero con un nivel bajo de severidad. Aproximadamente el área total afectada es de 6,1%.

Las áreas más afectadas con estas fallas, con bajo nivel de severidad (desniveles menores a 2,5cm), se encuentran en los sectores comprendidos entre: km 17+500 – km 19+500, km 22+000 - km 24+500, y km 29+500 – km 31+000.



En los sectores comprendidos por las progresivas km 6+000 - km 7+000, así como también, km 47+000 - km 49+000, el encalaminado ha alcanzado un nivel medio severidad (con desniveles que se encuentran 2,5 y 7,5 cm).

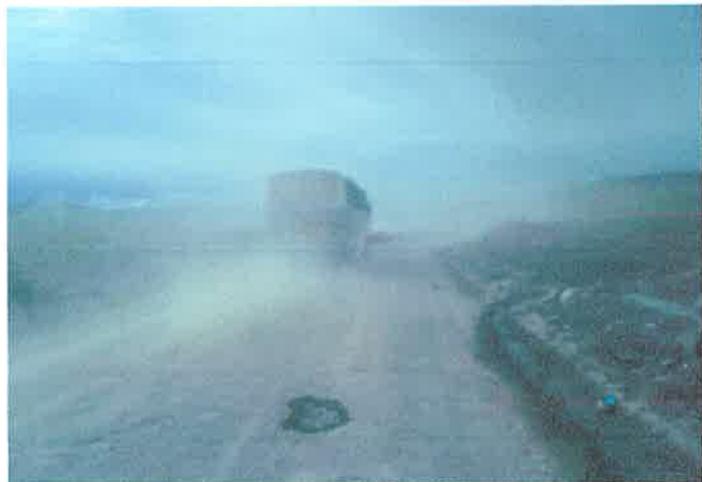
En la vista fotográfica se aprecia una de estas fallas, típicas en las zonas de curvas.



- **Polvo:**

En toda la carretera se aprecia la generación de polvo, dado que la superficie de rodadura es un afirmado; siendo el nivel de severidad preponderante de nivel medio a alto.

Foto del km 52+500, donde se aprecia el alto desprendimiento de material particulado con el transitar de vehículos. La superficie de rodadura está compuesta arenas limosas principalmente, con pocas gravas, y escasa o nula plasticidad.



Otro efecto negativo que provoca estas fallas es el alto peso de las cargas transportadas por la vía.

Produce efecto negativo en el medio ambiente, zonas de crianza de ganado, así como en los usuarios de la carretera.

- **Baches:**

De acuerdo a la metodología de medida, se contabilizaron aproximadamente un total de 112 795 baches, de los cuales un 18% son baches de alta severidad.

Los sectores más afectados son:

**km 4+500 - km 8+000:** En este sector se presentan baches en mayor concentración cuyo nivel de severidad se encuentran entre Mediano y Leve.



**km 13+000 – km 16+000:** En este sector la concentración de los baches es variable, encontrándose el nivel de severidad entre Alto y Mediano.

**km 20+000 – km 24+000:** Los baches se presentan en alta concentración y son de Leve y Mediana severidad.

**km 25+500 – km 32+000:** Hay alta concentración de baches y el nivel de severidad es Leve a Mediana.

**km 36+500 – km 41+000:** En este sector se presenta mediana concentración de baches y el nivel de severidad es Alto, Mediano y Leve.

**km 45+000 - km 59+000:** Alta concentración de baches, siendo el nivel de severidad entre Alto y Moderado.



km 45+000.



km 32+750

- **Ahuellamiento:**

Este tipo de fallas se encontraron en pocos sectores de la carretera. Sin embargo al no existir en el manual fallas correspondientes a **deformaciones**, las encontradas han sido incluidas en este ítem. Se debe señalar que se han observado gran cantidad de este tipo de fallas debido a las altas precipitaciones pluviales caídas en la zona, así como también a inadecuadas secciones de la plataforma vial (la plataforma se encuentra por debajo a nivel del terreno natural), inadecuados sistemas de drenaje, etc. A continuación se ubican los sectores más afectados con estas fallas:

**km 4+500 – km 8+500:** Asentamientos de la vía que en su mayoría tienen un nivel de severidad leve; sin embargo, también se tienen muchas con severidad media y alta.



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO

*P. F. Cano*  
Ing. Pedro F. Cano L. *Director*  
Jefe de Prov.  
CIP 6337



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO

*Juan S. Sánchez Guando*  
Ing. Juan S. Sánchez Guando  
Exp. en Suelos y Pavimentos  
CIP 59781

**km 11+000 – km 32+000:** Se tienen áreas donde el nivel de severidad en su mayoría es alto; encontrándose también los de severidad Media y Leve. En la vista se aprecia la falla existente en el km 13+480, y el agua acumulada en la plataforma y áreas aledañas, que la han provocado.



**km 45+000 – km 57+000:** En este sector también se han generado fallas de severidad Alta (principalmente), Media y Leve.

- **Pérdida de agregados:**

Se aprecia agregados en los laterales (bordes) a lo largo de casi toda la carretera. El nivel de severidad en casi toda la carretera es de nivel bajo.

El mayor daño se observa en los sectores donde se tiene mayor fricción neumático-carretera, es decir en las zonas de curvas, ya sea horizontales y verticales.



En la vista se aprecia el km 9+250, donde se observa los agregados gruesos segregados en los bordes de la carretera, mientras que en el centro de la plataforma vial se encuentran las partículas de menor tamaño. El material fino, ha sido transportado por el viento.

### 7.1.2. Condición Funcional del Pavimento

En este ítem se explica como se condujo la evaluación para definir la condición funcional del pavimento, y como se determinó el **Índice de Condición de Caminos no Revestidos** (URCI) por el método del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (USACE) conforme al Technical Manual "Unsurfaced Road Maintenance Management" TM 5-626.



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO



Ing. Juan S. Sánchez Guando  
Esp. en Suelos y Pavimentos  
CIP 58781

La condición funcional está relacionada con varios factores, incluyendo la integridad estructural, la capacidad estructural, la rugosidad, y el grado de deterioro, los cuales pueden ser valorados también por observación y midiendo las fallas de la superficie.

El Índice de Condición de Caminos no Revestidos (URCI) es un indicador numérico basado en una escala de 0 a 100. El URCI indica la integridad del camino y la condición operacional de la superficie. La escala y condición (rating) son mostrados a continuación, los cuales son semejantes al Índice de Condición de Pavimento (PCI) para caminos revestidos.

URCI	RATING
100	
85	Excelente
70	Muy bueno
55	Bueno
40	Regular
25	Pobre
10	Muy pobre
0	Fallado

Este método resulta bastante práctico, ya que asocia tanto el estado estructural como el servicial de la carretera, siendo un indicativo importante para establecer el estado de la plataforma vial. Se debe señalar sin embargo que no consideran dentro de sus parámetros de evaluación las deformaciones o asentamientos que sufre la plataforma vial, ya sea por debilidad del suelo, alto tráfico, constante humedad, o asociación de ellas. Estimamos que es por la diferencia de las realidades de mantenimiento vial que se tienen entre países como Estados Unidos y el nuestro. En tal sentido y para que incida en el valor de calificación, los asentamientos o hundimientos encontrados en la plataforma vial están siendo considerados dentro del ítem "Ahuellamientos", señalados como "86 – Ruts" dentro de la escala URCI.

Los resultados de esta evaluación del pavimento afirmado fueron presentados en el estudio de factibilidad, siendo tomadas las medidas entre febrero y marzo del 2010, los resultados son mostrados en el Cuadro N° 01:



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
*P. F. Loyola*  
Ing. Pedro F. Cano Loyola  
Jefe de Proyecto  
CIP 63379



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
*Juan S. Sánchez Guando*  
Ing. Juan S. Sánchez Guando  
Esp. en Suelos y Pavimentos  
CIP 58781

## Análisis de Resultados

De acuerdo a las mediciones de la condición de la superficie de rodadura se ha sectorizado la carretera de la siguiente manera:

Cuadro N° 01

SECTOR	URCI (Promedio)	CALIFICACIÓN
km 00+000 – km 03+000	63	Bueno
km 03+000 – km 08+000	36	Pobre
km 08+000 – km 13+000	59	Bueno
km 13+000 – km 16+000	26	Pobre
km 16+000 – km 19+500	50	Regular
km 19+500 – km 30+000	35	Pobre
km 30+000 – km 35+000	48	Regular
km 35+000 – km 36+500	77	Muy Bueno
km 36+500 – km 38+500	35	Pobre
km 38+500 – km 40+000	67	Bueno
km 40+000 – km 41+000	37	Pobre
km 45+000 – km 56+000	24	Muy Pobre
km 56+000 – km 59+000	45	Regular

Como se observa hay gran variabilidad en la calificación URCI para la carretera en evaluación; esto se debe a que la empresa minera Xstrata – Tintaya efectúa el mantenimiento constante de la vía; sin embargo se debe señalar, de lo observado en campo, que es solo superficial, no involucrando una mejora estructural (aporte de afirmado). Se ha observado que los resultados de buena serviciabilidad luego de efectuado el mantenimiento se pierde rápidamente (menos de una semana), ya que las fallas en el pavimento no son reparados, y con el alto tráfico y las aguas de las lluvias, se vuelven a reflejar rápidamente.



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
  
 Ing. Pedro F. Cano Loyola  
 Jefe de Proyecto  
 CIP 63379



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
  
 Ing. Juan S. Sánchez Guando  
 Esp. en Suelos y Pavimentos  
 CIP 58781

**Cuadro N° 02**  
**RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE CALIFICACIÓN DE AFIRMADO**  
**CARRETERA IMATA - NEGROMAYO**

UNIDAD DE LA MUESTRA	SUBSECTOR (km - km)	URCI	CALIFICACIÓN	UNIDAD DE LA MUESTRA	SUBSECTOR (km - km)	URCI	CALIFICACIÓN
1	0 - 0.500	75	Muy Bueno	71	35.000 - 35.500	77	Muy Bueno
2	0.500 - 1.000	72	Muy Bueno	72	35.500 - 36.000	77	Muy Bueno
3	1.000 - 1.500	69	Bueno	73	36.000 - 36.500	77	Muy Bueno
4	1.500 - 2.000	50	Regular	74	36.500 - 37.000	36	Pobre
5	2.000 - 2.500	59	Bueno	75	37.000 - 37.500	38	Pobre
6	2.500 - 3.000	52	Regular	76	37.500 - 38.000	42	Regular
7	3.000 - 3.500	40	Pobre	77	38.000 - 38.500	25	Pobre
8	3.500 - 4.000	59	Bueno	78	38.500 - 39.000	68	Bueno
9	4.000 - 4.500	40	Pobre	79	39.000 - 39.500	65	Bueno
10	4.500 - 5.000	10	Muy Pobre	80	39.500 - 40.000	68	Bueno
11	5.000 - 5.500	36	Pobre	81	40.000 - 40.500	38	Pobre
12	5.500 - 6.000	39	Pobre	82	40.500 - 41.000	35	Pobre
13	6.000 - 6.500	21	Muy Pobre	83	41.000 - 41.500	-	-
14	6.500 - 7.000	62	Bueno	84	41.500 - 42.000	-	-
15	7.000 - 7.500	20	Muy Pobre	85	42.000 - 42.500	-	-
16	7.500 - 8.000	35	Pobre	86	42.500 - 43.000	-	-
17	8.000 - 8.500	50	Regular	87	43.000 - 43.500	58	Bueno
18	8.500 - 9.000	68	Bueno	88	43.500 - 44.000	35	Pobre
19	9.000 - 9.500	50	Regular	89	44.000 - 44.500	-	-
20	9.500 - 10.000	48	Regular	90	44.500 - 45.000	-	-
21	10.000 - 10.500	69	Bueno	91	45.000 - 45.500	25	Muy Pobre
22	10.500 - 11.000	67	Bueno	92	45.500 - 46.000	38	Pobre
23	11.000 - 11.500	67	Bueno	93	46.000 - 46.500	58	Bueno
24	11.500 - 12.000	67	Bueno	94	46.500 - 47.000	45	Regular
25	12.000 - 12.500	65	Bueno	95	47.000 - 47.500	30	Pobre
26	12.500 - 13.000	42	Regular	96	47.500 - 48.000	20	Muy Pobre
27	13.000 - 13.500	24	Muy Pobre	97	48.000 - 48.500	20	Muy Pobre
28	13.500 - 14.000	22	Muy Pobre	98	48.500 - 49.000	19	Muy Pobre
29	14.000 - 14.500	19	Muy Pobre	99	49.000 - 49.500	19	Muy Pobre
30	14.500 - 15.000	33	Pobre	100	49.500 - 50.000	50	Regular
31	15.000 - 15.500	30	Pobre	101	50.000 - 50.500	19	Muy Pobre
32	15.500 - 16.000	30	Pobre	102	50.500 - 51.000	19	Muy Pobre
33	16.000 - 16.500	62	Bueno	103	51.000 - 51.500	8	Fallado
34	16.500 - 17.000	55	Regular	104	51.500 - 52.000	9	Fallado
35	17.000 - 17.500	39	Pobre	105	52.000 - 52.500	17	Muy Pobre
36	17.500 - 18.000	40	Pobre	106	52.500 - 53.000	16	Muy Pobre
37	18.000 - 18.500	48	Regular	107	53.000 - 53.500	6	Fallado
38	18.500 - 19.000	69	Bueno	108	53.500 - 54.000	25	Muy Pobre
39	19.000 - 19.500	55	Regular	109	54.000 - 54.500	32	Pobre
40	19.500 - 20.000	38	Pobre	110	54.500 - 55.000	26	Pobre
41	20.000 - 20.500	25	Muy Pobre	111	55.000 - 55.500	-	-
42	20.500 - 21.000	20	Muy Pobre	112	55.500 - 56.000	26	Pobre
43	21.000 - 21.500	30	Pobre	113	56.000 - 56.500	45	Regular
44	21.500 - 22.000	50	Regular	114	56.500 - 57.000	44	Regular
45	22.000 - 22.500	30	Pobre	115	57.000 - 57.500	42	Regular
46	22.500 - 23.000	45	Regular	116	57.500 - 58.000	58	Bueno
47	23.000 - 23.500	30	Pobre	117	58.000 - 58.500	68	Bueno
48	23.500 - 24.000	23	Muy Pobre	118	58.500 - 59.000	16	Muy Pobre
49	24.000 - 24.500	54	Regular	119	59.000 - 59.500	-	-
50	24.500 - 25.000	50	Regular	120	59.500 - 60.000	-	-
51	25.000 - 25.500	42	Regular	121	60.000 - 60.500	-	-
52	25.500 - 26.000	28	Pobre	122	60.500 - 61.000	-	-
53	26.000 - 26.500	25	Muy Pobre	123	61.000 - 61.500	-	-
54	26.500 - 27.000	25	Muy pobre	124	61.500 - 62.000	-	-
55	27.000 - 27.500	35	Pobre	125	62.000 - 62.500	-	-
56	27.500 - 28.000	40	Pobre	126	62.500 - 63.000	-	-
57	28.000 - 28.500	47	Regular	127	63.000 - 63.500	-	-
58	28.500 - 29.000	32	Pobre	128	63.500 - 64.000	-	-
59	29.000 - 29.500	37	Pobre	129	64.000 - 64.500	-	-
60	29.500 - 30.000	24	Muy Pobre	130	64.500 - 65.000	-	-
61	30.000 - 30.500	60	Bueno	131	65.000 - 65.500	-	-
62	30.500 - 31.000	48	Regular	132	65.500 - 66.000	-	-
63	31.000 - 31.500	39	Regular	133	66.000 - 66.500	-	-
64	31.500 - 32.000	34	Pobre	134	66.500 - 67.000	-	-
65	32.000 - 32.500	62	Bueno	135	67.000 - 67.500	-	-
66	32.500 - 33.000	45	Regular	136	67.500 - 68.000	-	-
67	33.000 - 33.500	52	Regular	137	68.000 - 68.500	-	-
68	33.500 - 34.000	54	Regular	138	68.500 - 69.000	-	-
69	34.000 - 34.500	54	Regular	139	69.000 - 69.500	-	-
70	34.500 - 35.000	28	Pobre	140	69.500 - 70.000	-	-

CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
UET-UG  
R. HUAMANI  
CIP 63379

CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
Ing. Pedro F. Cano Lovón  
Jefe de Proyecto  
CIP 63379

CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
Ing. B. ESTELA  
UET-UG  
Pavimentos  
CIP 63379

CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
Ing. Juan S. Sánchez Guando  
Esp. en Suavos y Pavimentos  
CIP 63701

### 7.1.3. Condición Estructural del Pavimento

La evaluación estructural del pavimento afirmado se efectuó mediante la ejecución de prospecciones en la plataforma vial, con la finalidad de determinar: los espesores de las capas de suelos, los tipos de suelos, su grado de densificación, su humedad, plasticidad, etc.

Para tal fin se llevaron a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios a "cielo abierto" de 1,5 m de profundidad mínima, distanciadas aproximadamente en 250 m uno del otro; éstas se distribuyeron en tres bolillos de tal manera que la información obtenida fuera representativa

De las calicatas se obtuvieron muestras alteradas, que fueron debidamente identificadas con la ubicación, número de muestra y profundidad; luego fueron colocadas en bolsas de polietileno para su traslado al laboratorio.

Las muestras representativas fueron sometidas a los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico por tamizado (MTC E107)
- Límites líquido (MTC E 110)
- Límite plástico e índice de plasticidad (MTC E 111)
- Clasificación SUCS (ASTM D-2487)
- Clasificación para vías de transportes (AASHTO) (ASTM D-3282)
- Contenido de humedad (MTC E 108)
- Proctor modificado (MTC E 115)
- California Bearing Ratio (CBR) (MTC E 132)

En base a la información obtenida durante los trabajos de campo y los resultados de los ensayos de laboratorio, se efectuó la clasificación de suelos de los materiales, para ello se ha empleado los sistemas SUCS y AASHTO, con la finalidad de análisis y correlación de acuerdo a sus características litológicas, lo cual también se consigna en el perfil estratigráfico.

Los resultados y el análisis de los materiales encontrados son detallados en el "Estudio de Suelos" de este expediente.



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
  
Ing. Pedro F. Cano Loyola  
Jefe de Proyecto  
CIP 63379



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
  
Ing. Juan S. Sánchez Guando  
Exp. en Suelos y Pavimentos  
CIP 58781

## 7.2 DISEÑO DEL PAVIMENTO

### 7.2.1. Método AASHTO

Es el método de mayor difusión y empleo en nuestro medio. 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. Las consideraciones que se toman en cuenta son:

- Confiabilidad,
- Valor soporte del suelo
- Coeficientes de capa (pavimentos flexibles)
- Drenaje
- Medio ambiente
- Erosión en la subbase
- Costos en los ciclos de vida
- Rehabilitación
- Gerenciamiento de pavimentos
- Valores de equivalencia de carga
- Tráfico
- Caminos de bajo volumen
- Procedimiento de diseño mecánico empírico

La ecuación básica de diseño empleada para pavimentos flexibles y rígidos en la Guía AASHTO es la siguiente:

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

La expresión que relaciona el número estructural con los espesores de capa es:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_1 D_2 + a_3 m_2 D_3$$

Donde:

$a_1, a_2, a_3$	=	Coefficientes estructurales o de capa
$m_1, m_2$	=	Coefficientes de drenaje
$D_1, D_2, D_3$	=	Espesores de capa



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
Ing. Pedro F. Cano Loyola  
Jefe de Proyecto  
CIP 63379



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
Ing. Juan S. Sánchez Guando  
Esp. en Suelos y Pavimentos  
CIP 58781

7.2.1.1. Parámetros de diseño

**Capacidad de soporte del suelo**

En el ítem 6.4, se definió los valores de CBR de diseño. Para acceder a los Abacos de diseño AASHTO 1993, es necesario que este valor de CBR sea traducido a Módulo Resiliente. Dada la escasa información existente en el medio sobre estos ensayos, se han empleado las siguientes correlaciones entre CBR<sub>s</sub> versus Módulos de Resiliencia:

**Para suelos finos (Guía AASHTO 1993):**

$$M_R = 1\,500 \times CBR$$

(para CBRs menores a 7%)

**Para suelos granulares (FHWA-PL-98-029):**

$$M_R = 4\,326 \times \ln CBR + 241$$

Obteniéndose los siguientes valores:

**Cuadro N° 03**

	<b>SUBSECTOR (km – km)</b>	<b>CBR (%) al 95% de MDS</b>	<b>M<sub>R</sub> (psi)</b>
1	0+000 – 7+750	19,8	13 157
2	7+750 – 9+250	6,3	9 450**
3	9+250 – 14+250	22,5	13 710
4	14+250 – 19+000	12,6	11 202
5	19+000 – 19+750	24,8	14 131
6	19+750 – 21+000	10,4	10 372
7	21+000 – 30+250	17,6	12 648
8	30+250 – 54+250	27,3	14 547
9	54+250 – 56+750	19,1	13 001
10	56+750 – 61+750	31,5	15 166
11	61+750 – 66+750	22,7	13 748
12	66+750 – 67+725,35	13,5	11 500

Respecto al subsector 2: km 7+750 – km 9+250, en casi toda su longitud se están efectuando mejoras en la subrasante de 0,60m, por lo que para efectos de diseño se tomará el siguiente valor de CBR= 14,7% y de M<sub>R</sub>=11 869psi.

**Tráfico**

Del Estudio de Tráfico se tiene los siguientes valores para los diferentes periodos de análisis:

**Cuadro N° 04**

<b>AÑO</b>	<b>IMD</b>	<b>EAL</b>
2012	221 858 v/d	221 858
2021	459 092 v/d	2 870 344
2031	678 540 v/d	8 595 178



**CONSORCIO VIAL SUR ANDINO**  
  
 Ing. Pedro F. Cano Lovato  
 Jefe de Proyección  
 CIP 63371



**CONSORCIO VIAL SUR ANDINO**  
  
 Ing. Juan S. Sánchez Guando  
 Esp. en Suelos y Pavimentos  
 CIP 58781

### Confiabilidad

El concepto de Confiabilidad se define en la Guía AASHTO para diseño (2.1.2 Traffic, Part II: Pavement Design Procedures for New Construction or Reconstruction). Conforme a lo requerido en los Términos de Referencia del proyecto, se está tomando una confiabilidad de 95 % (para cada etapa), con el cual se obtiene una Standard Normal Deviate ( $Z_R$ ):

$$Z_R = - 1,645$$

### Desviación estándar total

$$S_0 = 0,45$$

### Serviciabilidad

Serviciabilidad inicial ( $p_i$ ) = 4,2

Serviciabilidad final ( $p_f$ ) = 2,0

### Coefficientes estructurales de capas

Basados en lo señalado en el ítem 2.3.5 Layer coefficients, de la Guía de Diseño AASHTO, los coeficientes estructurales de capa considerados para el cálculo del Número Estructural de diseño son los siguientes:

$a_1 = 0,44/\text{pulg}$  ó  $0,173/\text{cm}$  (para carpeta asfáltica en caliente)

$a_2 = 0,14/\text{pulg}$  ó  $0,055/\text{cm}$  (para agregados de CBR = 100%)

$a_3 = 0,12/\text{pulg}$  ó  $0,047/\text{cm}$  (para agregados de CBR = 40%)

### Coefficientes de drenaje

Para la elección del Coeficiente de Drenaje se han tomado las siguientes consideraciones:

- Exposición en agua de las estructuras de drenaje, es mayor a 25%
- La condición de los sistemas de drenaje será Buena.

Por lo tanto se asume un Coeficiente de Drenaje  $m = 1,0$ .

#### 7.2.1.2. Diseño del pavimento para 20 años (Una Etapa)

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 20 años**, los siguientes valores:



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
*P. I. - J.*  
Ing. Pedro F. Cano Linares  
Jefe de Proy.

CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
*Juan S. Sánchez Guando*  
Ing. Juan S. Sánchez Guando  
Esp. en Suelos y Pavimentos  
CIP 56781

Cuadro N° 05

SUBSECTOR (km -- km)		SN <sub>DISEÑO</sub>
1	0+000 – 7+750	3,98
2	7+750 – 9+250	4,12
3	9+250 – 14+250	3,93
4	14+250 - 19+000	4,20
5	19+000 – 19+750	3,89
6	19+750 – 21+000	4,30
7	21+000 – 30+250	4,03
8	30+250 – 54+250	3,85
9	54+250 – 56+750	4,00
10	56+750 – 61+750	3,80
11	61+750 – 66+750	3,92
12	66+750 – 67+725,35	4,16

Por lo tanto, se obtiene para el proyecto con un periodo de servicio de 20 años, la siguiente estructura:

Cuadro N° 06

SUBSECTOR	CARPETA ASFÁLTICA	BASE GRANULAR	SUBBASE GRANULAR	SN	
1	km 0+000 - km 7+750	10	15	35	4,20
2	km 7+750 - km 9+250	10	15	35	4,20
3	km 9+250 - km 14+250	10	15	30	3,97
4	km 14+250 - km 19+000	10	15	35	4,20
5	km 19+000 - km 19+750	10	15	30	3,97
6	km 19+750 - km 21+000	10	15	38	4,34
7	km 21+000 - km 30+250	10	15	35	4,20
8	km 30+250 - km 54+250	10	15	30	3,97
9	km 54+250 - km 56+750	10	15	35	4,20
10	km 56+750 - km 61+750	10	15	30	3,97
11	km 61+750 - km 66+750	10	15	30	3,97
12	km 66+750 - km 67+725,35	10	15	35	4,20

7.2.1.3. Diseño del pavimento para el periodo del año 10 al año 20 (en dos etapas)

**ETAPA I (10 AÑOS)**

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:



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO

*P. Loyola*  
Ing. Pedro F. Cano Loyola  
Jefe de Proyecto  
CIP: 63379



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO

*J. Sánchez Guando*  
Ing. Juan S. Sánchez Guando  
Esp. en Suelos y Pavimentos  
CIP: 59781

Cuadro N° 07

SUBSECTOR (km - km)	SN <sub>DISEÑO</sub>	
1	0+000 - 7+750	3,39
2	7+750 - 9+250	3,51
3	9+250 - 14+250	3,34
4	14+250 - 19+000	3,58
5	19+000 - 19+750	3,31
6	19+750 - 21+000	3,68
7	21+000 - 30+250	3,44
8	30+250 - 54+250	3,28
9	54+250 - 56+750	3,40
10	56+750 - 61+750	3,23
11	61+750 - 66+750	3,34
12	66+750 - 67+725,35	3,55

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

Cuadro N° 08

SUBSECTOR	CARPETA ASFÁLTICA (cm)	BASE GRANULAR (cm)	SUBBASE GRANULAR (cm)	SN	
1	km 0+000 - km 7+750	8,75	15	25	3,51
2	km 7+750 - km 9+250	8,75	15	25	3,51
3	km 9+250 - km 14+250	8,75	15	25	3,51
4	km 14+250 - km 19+000	8,75	15	30	3,75
5	km 19+000 - km 19+750	8,75	15	25	3,51
6	km 19+750 - km 21+000	8,75	15	30	3,75
7	km 21+000 - km 30+250	8,75	15	25	3,51
8	km 30+250 - km 54+250	8,75	15	25	3,51
9	km 54+250 - km 56+750	8,75	15	25	3,51
10	km 56+750 - km 61+750	8,75	15	25	3,51
11	km 61+750 - km 66+750	8,75	15	25	3,51
12	km 66+750 - km 67+725,35	8,75	15	30	3,75

## ETAPA II (DEL AÑO 10 AL AÑO 20)

Para el diseño de refuerzo del pavimento desde el año 10 de servicio, hasta un nuevo periodo de 10 años, es decir el año 20, nos basaremos en la guía AASHTO 93, Capítulo 5, Rehabilitation methods with overlays.

Entre los métodos descritos en esta guía para el cálculo de refuerzo se encuentra el que está basado en la Vida Remanente del pavimento. La vida remanente para la determinación de la capacidad estructural sigue el concepto de agotamiento gradual del pavimento debido a las cargas que lo dañan, reduciendo el número de cargas adicionales que pueden soportar sin llegar al colapso. En cualquier tiempo determinado, puede haber algún indicio directamente notable de daño, existiendo una reducción en la capacidad estructural desde el punto de vista de la capacidad de carga futura. Esta capacidad de carga reducida debe considerarse en el refuerzo del diseño.



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO

Ing. Pedro F. Cano Loyola

CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
Ing. Juan S. Sánchez Guando  
Especialista en Suelos y Pavimentos  
CIP-52784

El concepto de la AASHTO de vida remanente se define con la siguiente expresión:

$$RL = 100 \times [ 1 - (N_p / N_{1.5}) ]$$

Donde:

- RL = Vida remanente (%)  
 $N_p$  = Tráfico total para el periodo de diseño (EAL)  
 $N_{1.5}$  = Tráfico total para la falla del pavimento,  $p_f = 1,5$  (EAL)

Con el valor de RL determinado, se calcula el Factor de Condición (CF) desde el Abaco ubicado en la figura 5.2 de la guía AASHTO. CF permitirá obtener el número estructural residual ( $SN_{eff}$ ) con la siguiente expresión:

$$SN_{eff} = CF \times SN_0$$

Donde,  $SN_0$  es número estructural original.

### Diseño

Para obtener el valor de  $N_{1.5}$ , es decir el tráfico para que el pavimento falle, de acuerdo a la metodología AASHTO se está asumiendo los siguientes considerandos:

$$p_f = 1,5, \text{ y una confianza de } 95\% (Z_R = -1,645)$$

También se está considerando para ingresar los datos al abaco, el SN asumido para los 10 años y los demás parámetros inicialmente asumidos:  $M_R$ ,  $p_i$ .

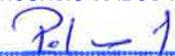
Ingresando esta información al Abaco de diseño AASHTO se obtiene un Tráfico  $N_{1.5}$  (repeticiones de 8,2 tn)

Cuadro N° 09

	SUBSECTOR (km – km)	$N_{1.5}$
1	0+000 – 7+750	4 669 672
2	7+750 – 9+250	3 676 912
3	9+250 – 14+250	5 137 707
4	14+250 – 19+000	5 223 576
5	19+000 – 19+750	5 511 167
6	19+750 – 21+000	4 369 213
7	21+000 – 30+250	4 261 212
8	30+250 – 54+250	5 894 905
9	54+250 – 56+750	4 542 224
10	56+750 – 61+750	6 493 267
11	61+750 – 66+750	5 170 805
12	66+750 – 67+725,35	5 551 638

Asumiendo como  $N_p$  el tráfico de diseño para los 10 años, se obtiene:



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
  
 Ing. Pedro F. Cano Loyola  
 Jefe de Proyecto  
 CIP: 63379

CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
  
 Ing. Juan S. Sánchez Guando  
 Esp. en Suelos y Pavimentos  
 CIP: 59781

Cuadro N° 10

SUBSECTOR (km - km)	PARÁMETROS		
	RL (%)	CF	
1	0+000 - 7+750	38,5	0,85
2	7+750 - 9+250	21,9	0,79
3	9+250 - 14+250	44,1	0,86
4	14+250 - 19+000	45,1	0,87
5	19+000 - 19+750	47,9	0,88
6	19+750 - 21+000	34,3	0,83
7	21+000 - 30+250	32,6	0,82
8	30+250 - 54+250	51,3	0,90
9	54+250 - 56+750	36,8	0,84
10	56+750 - 61+750	55,8	0,91
11	61+750 - 66+750	44,5	0,87
12	66+750 - 67+725,35	48,3	0,89

Por lo tanto el número estructural remanente  $SN_{eff}$  es:

Cuadro N° 11

SUBSECTOR (km - km)	$SN_{eff}$	
1	0+000 - 7+750	2,98
2	7+750 - 9+250	2,77
3	9+250 - 14+250	3,02
4	14+250 - 19+000	3,26
5	19+000 - 19+750	3,09
6	19+750 - 21+000	3,11
7	21+000 - 30+250	2,88
8	30+250 - 54+250	3,16
9	54+250 - 56+750	2,95
10	56+750 - 61+750	3,19
11	61+750 - 66+750	3,05
12	66+750 - 67+725,35	3,34

El cálculo del número estructural requerido para el refuerzo se efectúa con la siguiente fórmula:

$$SN_R = SN_f - SN_{eff}$$

Donde:

$SN_R$  = Número estructural requerido para el refuerzo.

$SN_f$  = Número estructural requerido para el tráfico de diseño de refuerzo.

$SN_{eff}$  = Número estructural efectivo del pavimento existente.

Para tal efecto se ha calculado el valor de  $SN_f$  para el periodo del año 10 al año 20 ( $EAL = 8\ 595\ 178 - 2\ 870\ 344$ ), obteniéndose:



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
  
Ing. Pedro F. Cano Loyola  
Jefe de Proyecto  
CIP 63379



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
  
Ing. Juan S. Sánchez Guando  
Esp. en Suelos y Pavimentos  
CIP 58781

Cuadro N° 12

SUBSECTOR (km - km)		SN <sub>r</sub>
1	0+000 - 7+750	3,75
2	7+750 - 9+250	3,89
3	9+250 - 14+250	3,70
4	14+250 - 19+000	3,96
5	19+000 - 19+750	3,66
6	19+750 - 21+000	4,06
7	21+000 - 30+250	3,80
8	30+250 - 54+250	3,63
9	54+250 - 56+750	3,77
10	56+750 - 61+750	3,58
11	61+750 - 66+750	3,70
12	66+750 - 67+725,35	3,93

Por lo tanto, el SN<sub>R</sub> obtenido, con sus respectivos espesores en carpetas como refuerzo para 20 años son:

Cuadro N° 13

SUBSECTOR (km - km)		PARÁMETROS	
		SN <sub>R</sub>	Espesor Carpetas (cm)
1	0+000 - 7+750	0,77	4,5
2	7+750 - 9+250	1,12	6,5
3	9+250 - 14+250	0,68	3,9
4	14+250 - 19+000	0,70	4,0
5	19+000 - 19+750	0,57	3,3
6	19+750 - 21+000	0,95	5,5
7	21+000 - 30+250	0,92	5,3
8	30+250 - 54+250	0,47	2,7
9	54+250 - 56+750	0,82	4,7
10	56+750 - 61+750	0,39	2,3
11	61+750 - 66+750	0,65	3,8
12	66+750 - 67+725,35	0,59	3,4

Teniendo en consideración los efectos de la alta gradiente térmica existente en la zona, y con la finalidad uniformizar el comportamiento de la capa de refuerzo, así como del procedimiento constructivo, se recomienda colocar para el año 10 un espesor de refuerzo de 5,0 cm de mezcla asfáltica en caliente.

Previamente se deberá efectuar una evaluación estructural y de serviciabilidad con la finalidad de ratificar lo antes señalado, o de efectuar algunos ajustes.

### 7.2.2. Método del Instituto del Asfalto

Se efectúa un diseño de pavimento comparativo empleando el Método del Instituto del Asfalto. Este método se desarrolla conforme a lo establecido en el Manual Series N°1 (MS-1) "Thickness Design, Asphalt Pavements for Highways & Streets" de febrero 1991.



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
Ing. Pedro F. Cano Loyola  
Jefe de Proyecto  
CIP 63379



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
Ing. Juan S. Sánchez Guando  
Exp. en Estudios y Pavimentos  
CIP 59781

El método se basa en dos condiciones específicas de esfuerzo-deformación. La primera condición es la aplicación de una carga sobre la superficie del pavimento, la estructura distribuye los esfuerzos reduciendo su intensidad a medida que profundiza en la subrasante. La segunda condición, es cuando la carga aplicada al pavimento, deflecta la estructura, causando esfuerzos y deformaciones de tensión y compresión en la capa asfáltica.

El Instituto del Asfalto ha desarrollado un programa de cómputo denominado DAMA y una serie de nomogramas para facilitar el diseño. Estos últimos se han calculado para temperaturas de 7 °C, 15,5 °C y 24 °C.

7.2.2.1. Parámetros de diseño

El método requiere de la siguiente información para efectuar el diseño:

**MR de diseño**

El Módulo Resiliente para el diseño es el correspondiente al **Percentil 87,5**.

Cuadro N° 14

	<b>SUBSECTOR (km – km)</b>	<b>CBR (%) al 95% de MDS</b>	<b>M<sub>R</sub> (MPa)</b>
1	0+000 – 7+750	12,1	76,0
2	7+750 – 9+250	2,6	26,9
3	9+250 – 14+250	17,1	86,3
4	14+250 - 19+000	8,1	64,1
5	19+000 – 19+750	18,5	88,7
6	19+750 – 21+000	9,0	67,2
7	21+000 – 30+250	11,9	75,5
8	30+250 – 54+250	17,4	86,9
9	54+250 – 56+750	13,0	78,2
10	56+750 – 61+750	15,1	82,6
11	61+750 – 66+750	14,4	81,2
12	66+750 – 67+725.35	10,0	70,3

**Tráfico**

Es el mismo definido en el procedimiento de diseño AASHTO:

Cuadro N° 15

<b>AÑO</b>	<b>IMD</b>	<b>EAL</b>
2012	221 858 v/d	221 858
2021	459 092 v/d	2 870 344
2031	678 540 v/d	8 595 178

7.2.2.2. Diseño del pavimento

El diseño se efectuará para 10 años, empleando el Abaco Design Chart A-6, cuyas condiciones son el empleo de una Base Granular de 30 cm de espesor y una temperatura de 7 °C.



**CONSORCIO VIAL SUR ANDINO**  
  
 Ing. Pedro F. Cano Loyola  
 Jefe de Proyecto  
 CIP: 63379



**CONSORCIO VIAL SUR ANDINO**  
  
 Ing. Juan S. Sánchez Guando  
 Esp. en Suelos y Pavimentos  
 CIP: 59781

Cuadro N° 16

SUBSECTOR	CARPETA ASFÁLTICA (cm)	BASE GRANULAR (cm)	
1	km 0+000 - km 7+750	20	30
2	km 7+750 - km 9+250	26	30
3	km 9+250 - km 14+250	19	30
4	km 14+250 - km 19+000	21	30
5	km 19+000 - km 19+750	19	30
6	km 19+750 - km 21+000	21	30
7	km 21+000 - km 30+250	20	30
8	km 30+250 - km 54+250	19	30
9	km 54+250 - km 56+750	20	30
10	km 56+750 - km 61+750	19	30
11	km 61+750 - km 66+750	19	30
12	km 66+750 - km 67+725.35	21	30

De la misma manera se han efectuado los cálculos para un periodo de vida de 20 años, empleando el abaco antes señalado:

Cuadro N° 17

SUBSECTOR	CARPETA ASFÁLTICA (cm)	BASE GRANULAR (cm)	
1	km 0+000 - km 7+750	26	30
2	km 7+750 - km 9+250	31	30
3	km 9+250 - km 14+250	26	30
4	km 14+250 - km 19+000	27	30
5	km 19+000 - km 19+750	25	30
6	km 19+750 - km 21+000	26	30
7	km 21+000 - km 30+250	26	30
8	km 30+250 - km 54+250	25	30
9	km 54+250 - km 56+750	26	30
10	km 56+750 - km 61+750	26	30
11	km 61+750 - km 66+750	26	30
12	km 66+750 - km 67+725,35	27	30

Los espesores de la carpeta han sido considerados de la curva mas próxima al punto obtenido en la intersección entre el EAL y el Mr.

### 7.2.3. Estructura de Pavimento del Proyecto

A continuación se indica la estructura de pavimento que se debe emplear en el proyecto:



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
Ing. Pedro F. Cano Loyola  
Jefe de Proyecto  
CIP 63379



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
Ing. Juan S. Sánchez Guando  
Exp. en Suelos y Pavimentos  
CIP 59781

Cuadro N° 18

SUBSECTOR	CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE (cm)	BASE GRANULAR (cm)	SUBBASE GRANULAR (cm)
km 0+000 - km 14+250	8,75	15	25
km 14+250 - km 19+000	8,75	15	30
km 19+000 - km 19+750	8,75	15	25
km 19+750 - km 21+000	8,75	15	30
km 21+000 - km 66+750	8,75	15	25
km 66+750 - km 67+725,35	8,75	15	30

Espesor de carpeta asfáltica e= 3,5pulg = 8,75 cm.

### 7.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La condición funcional del pavimento afirmado se determinó con el "Índice de Condición de Caminos no Revestidos" (URCI) del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (USACE).

La condición funcional valora la integridad estructural, la capacidad estructural, la rugosidad, y el grado de deterioro del pavimento. Como conclusión de las mediciones de los deterioros encontrados se han obtenido los siguientes valores:

SECTOR	URCI (Promedio)	CALIFICACIÓN
km 00+000 – km 03+000	63	Bueno
km 03+000 – km 08+000	36	Pobre
km 08+000 – km 13+000	59	Bueno
km 13+000 – km 16+000	26	Pobre
km 16+000 – km 19+500	50	Regular
km 19+500 – km 30+000	35	Pobre
km 30+000 – km 35+000	48	Regular
km 35+000 – km 36+500	77	Muy Bueno
km 36+500 – km 38+500	35	Pobre
km 38+500 – km 40+000	67	Bueno
km 40+000 – km 41+000	37	Pobre
km 45+000 – km 56+000	24	Muy Pobre
km 56+000 – km 59+000	45	Regular

Consecuencia de este estado es el agua que afecta la plataforma. La gran mayoría de la plataforma vial se encuentra por debajo o a nivel del terreno natural, que en esta época del año se encuentra saturado por las permanentes lluvias caídas en la zona. Esta medición se efectuó en febrero del 2010.

- La información de tráfico y carga de este estudio, indica que el número de repeticiones de carga proyectado para el período de diseño, son altos.

AÑO	IMD	EAL
2012	221 858 v/d	221 858
2021	459 092 v/d	2 870 344
2031	678 540 v/d	8 595 178



CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
 21-1  
 Ing. Pedro F. Cano Loyola  
 Jefe de Proyecto  
 CIP 53378

CONSORCIO VIAL SUR ANDINO  
 Ing. Juan S. Sánchez Guando  
 Esp. en Suelos y Pavimentos  
 CIP 55781



- Para el dimensionamiento del pavimento se han empleado en el análisis las metodologías AASHTO y del Instituto del Asfalto Americano, acordes al tipo de estructura solicitada para las condiciones del proyecto.
- Bajo los considerandos antes señalados se propone la siguiente estructura de pavimento, para un periodo de diseño de 10 años:

SUBSECTOR	CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE (cm)	BASE GRANULAR (cm)	SUBBASE GRANULAR (cm)
km 0+000 - km 14+250	8,75	15	25
km 14+250 - km 19+000	8,75	15	30
km 19+000 - km 19+750	8,75	15	25
km 19+750 - km 21+000	8,75	15	30
km 21+000 - km 66+750	8,75	15	25
km 66+750 - km 67+725,35	8,75	15	30

Espesor de carpeta asfáltica  $e = 3,5\text{pulg} = 8,75\text{ cm}$ .

- Considerando los efectos de la alta gradiente térmica existente en la zona, y con la finalidad uniformizar el comportamiento de la capa de refuerzo, así como del procedimiento constructivo, se recomienda colocar para el año 10 un espesor de refuerzo de 5,0 cm de mezcla asfáltica en caliente, para ampliar el periodo de vida del año 10 al año 20. Previamente se deberá efectuar una evaluación estructural y de serviciabilidad con la finalidad de ratificar lo antes señalado, o de efectuar los ajustes correspondientes.
- Se ha diseñado el pavimento a nivel de Carpeta Asfáltica en Caliente. En ésta se ha considerado que la carretera se desarrolla en alturas superiores a los 4 600 msnm, por lo que el diseño de mezclas asfálticas Marshall se está considerando el empleo de asfaltos PEN 120 - 150, la adición de aditivos Mejoradores de Adherencia y Filler (cal viva); así como la verificación de la afinidad agregados-asfalto mediante el método Lottman.
- Buenos resultados de prediseños de mezclas asfálticas con el método Marshall, se han obtenido con las siguientes dosificaciones:

MEZCLA 1	MEZCLA 2
Piedra chancada (C. km 44+500) = 42%	Piedra chancada (C. km 44+500) = 44%
Arena natural (C. km 53+500) = 32%	Arena natural (C. km 33+000) = 40%
Arena chancada (C. km 44+500) = 26%	Arena chancada (C. km 44+500) = 16%
Óptimo Contenido de Asfalto = 6,1 %	Óptimo Contenido de Asfalto = 6,1 %

- Alternativamente, es factible el empleo de asfaltos modificados, sin embargo va a depender de los recursos asignados a la obra.
- Para la imprimación se empleará asfalto MC 30.
- Las bermas serán asfaltadas con el mismo espesor de la carpeta asfáltica.
- En estos sectores de carretera así como a lo largo de todo el tramo, es necesario la complementación de las estructuras de drenaje y subdrenajes adecuados.



Ing. Pedro F. Cano Loyola  
Jefe de Proyectos



Ing. Juan E. Sandoval Coaralla  
Exp. en Estudios y Pavimentos  
CIP 55781

INFORME N° 06 INFORME FINAL