

Control de Calidad en obra del material usado en la Construcción de la estructura del pavimento flexible.

CASO PRÁCTICO: Rehabilitación de la Vía Cruz Verde – Crucita Guayaquil – Ecuador

Cooper Joseph Avilés Hernández ¹, Odín Manuel Galarza Campoverde ², Daniel Antonio Riera Carbo ³,
Eduardo Santos Baquerizo⁴
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Campus “Gustavo Galindo” km 30.5 Vía Perimetral
cjaviles@espol.edu.ec¹, odigalar@espol.edu.ec², drieria@espol.edu.ec³, esantos@espol.edu.ec⁴ Ingeniero Civil

Resumen

El desarrollo del siguiente trabajo sobre la “Rehabilitación de la Vía Cruz Verde – Crucita” dará las pautas a seguir en el control de la calidad en obra del material para cualquier proyecto de construcción de vías con pavimento flexible. En este caso práctico abarcaremos el material de préstamo importado para subrasante y cada componente de la estructura del pavimento las cuales son: El material de mejoramiento con suelo seleccionado, sub base, base granular, base asfáltica y capa de rodadura.

Además se darán breves conceptos de los parámetros los cuales permiten controlar la calidad del material. Se mostrará el proceso de control de calidad que se debe seguir en los materiales usados en las diferentes capas del pavimento y las posibles soluciones en caso de no cumplir con los parámetros establecidos en las especificaciones. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones inherentes a la investigación y experiencia obtenidos del caso práctico.

Palabras Claves: *Rehabilitación, material de préstamo importado para la subrasante*

Abstract

The following paper of the "Roads' Rehabilitation Cruz Verde - Crucita" will provide the guidelines to follow the quality control of the material for any road construction project with flexible pavement. This practical case will cover each component of the pavement structure which are the imported borrow material for sub grade, material with selected soil improvement, sub base, base and surface dressing.

In addition it will give the concepts of parameters which can control the quality of the material. It shows the quality control of the process to be followed with the materials used in the different layers of pavement and possible solutions in case of failure to fulfill the parameters set in the specifications. Finally, we present the conclusions and recommendations inherent in research and experience gained from the case study

Key Words: *Rehabilitation, imported borrow material for sub grade*

1. Introducción

Toda obra civil requiere de un adecuado control de calidad, para la finalización exitosa del proyecto y así asegurar el cumplimiento de las especificaciones, requisitos y propósitos de los planos. Para ello es indispensable mantener un control veraz y actual sobre la inspección, que no son solamente observaciones visuales y mediciones de campo sino también ensayos de laboratorio y recolección y evaluación de sus resultados, lo cual permite al proyecto realizar

la obra de forma tal que cada actividad se mantenga dentro de sus requerimientos.

Nuestro estudio se enfoca en establecer los procedimientos para llevar un control adecuado de la calidad de los materiales que se utilizan en cada capa de la estructura del pavimento flexible en la obra de Rehabilitación de la Vía Cruz Verde – Crucita de longitud 14 km que se ejecuta en la actualidad.

2. Descripción General del Proyecto

2.1 Antecedentes

Razones por las se decidió ejecutar la “REHABILITACIÓN DE LA VÍA CRUZ VERDE – CRUCITA”:

- Alto nivel de congestión vehicular
- La temporada invernal
- falta de obras de drenaje

La vía actual presenta una calzada con dos carriles de circulación (uno en cada sentido), sin espaldones, ni cunetas y un ancho promedio de 7 metros. La capa de rodadura es de concreto asfáltico y muestra bastantes fisuras.

2.2 Datos Generales

El proyecto encuentra ubicado al Noroccidente del Cantón Portoviejo, Provincia de Manabí. Comenzando por la abscisa 0+000 en el sitio Cruz Verde. Pasando por la intersección con la vía al puerto de Manta y finalmente, hacia el balneario Crucita, pasando por los poblados: “El Cerecito, San Jacinto de Rocafuerte, El Higuérón y La Sequita”. Teniendo una longitud total de proyecto de 14 km.

3. Secciones Típicas, Subrasante y Capas que componen la Estructura del Pavimento Flexible en la Vía Cruz Verde – Crucita.

3.1 Secciones Típicas

En este resumen mostraremos una de las seis secciones que se diseñaron para el proyecto. El ancho de calzada promedio es de 7.30m, espaldones de 2.5cm. Un bordillo cuneta de 1m y un parterre central de aproximadamente 1.40m

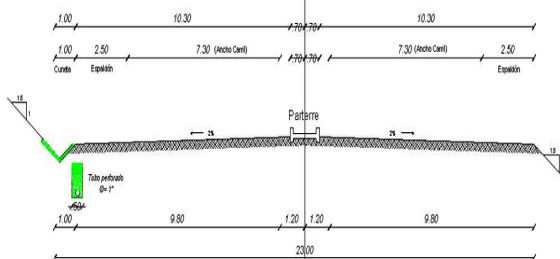


Fig 1. Sección típica tramo (0 + 000 – 1+900) y (10 + 620 – 13 + 233)

3.1.1 Espesores del Pavimento Flexible según el diseño.

Respecto a la estructura del pavimento flexible, el diseño contempla colocar las

siguientes capas de materiales y espesores los cuales se observan en la figura 2.

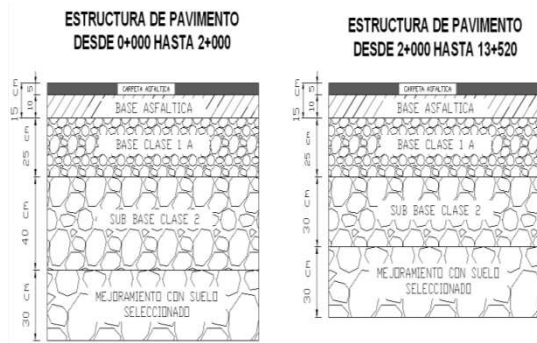


Fig 2. Espesores del pavimento Flexible

3.2 Capa de Subrasante con material de préstamo importado

No forma parte de la estructura del pavimento flexible, sin embargo, es fundamental ya que sirve de soporte para el pavimento y además recibe las cargas del mismo. La subrasante en este proyecto en su mayor parte comienza a partir de la vía existente a excepción de tramos en donde se va a ampliar la vía. En estos tramos se ha empleado material de préstamo importado, el que se obtiene de depósitos o bancos preestablecidos fuera del derecho de vía. Este debe ser de calidad adecuada y no debe contener agregados superiores a los 15cm, desperdicios, raíces, material vegetal u otro material inconveniente.

3.3 Capas que componen la estructura del pavimento Flexible

3.3.1 Capa de Mejoramiento con Suelo Seleccionado

Según el diseño se opta por colocar una capa de mejoramiento con suelo seleccionado sobre la capa de subrasante para poder economizar en los costos de materiales. El suelo seleccionado deberá ser suelo granular, material rocoso o combinaciones de ambos, libre de material orgánico y escombros, y tendrá una granulometría tal que todas las partículas pasarán por un tamiz de cuatro pulgadas (100 mm.) con abertura cuadrada y no más de 20 por ciento pasará el tamiz N° 200 (0,075 mm).

3.3.2 Capa de Sub-base clase 2

Estarán compuestas por agregados obtenidos por proceso de trituración y de cribado, y deberá cumplir los requerimientos para una Sub-base clase 2 con un tamaño máximo del agregado de 2”. La capa de sub-base se colocará sobre la subrasante previamente preparada y aprobada.

Esta capa tiene como funciones: Servir de capa de drenaje del pavimento, controla o elimina en lo posible cambios de volumen, elasticidad y plasticidad perjudiciales que pudiera tener el material de la sub rasante y controla la ascensión capilar del agua proveniente de los niveles freáticos cercanos, protegiendo así al pavimento contra los hinchamientos.

3.3.3 Capa de Base Granular tipo 1A

Las capas de base granular estarán compuestas por agregados triturados de grava o roca (total o parcialmente), cribados y estabilizados con agregado fino procedente de la trituración, o suelos finos seleccionados, o ambos. Con un tamaño máximo del agregado de 2"

Esta capa debe tener la resistencia estructural para soportar los esfuerzos transmitidos por los vehículos, debe tener un espesor suficiente para que pueda resistir los esfuerzos transmitidas a la Sub-base y aunque exista humedad la base no debe presentar cambios volumétricos perjudiciales.

3.3.4 Capa de Base de Hormigón Asfáltico

Están constituidas por agregados de granulometría especificada y material asfáltico, mezclados en caliente en una planta central, y colocado sobre una base granular o sub-base debidamente preparada según sea el caso. El tipo y grado del material asfáltico que deberá emplearse en la mezcla será mayormente cemento asfáltico con un grado de penetración establecido en el diseño. El tamaño máximo del agregado es de 1 1/2" para este proyecto.

3.3.5 Capa de Rodadura de hormigón asfáltico

Están constituidas por agregados de granulometría especificada y material asfáltico, mezclados en caliente en una planta central, y colocado sobre una base granular o asfáltica debidamente preparada. El tamaño máximo del agregado es de 1/2" para esta obra.

Esta capa debe proporcionar una superficie de rodamiento que permita un tránsito fácil y cómodo para los vehículos. Además es la que recibe directamente las cargas debido al tránsito, por lo que debe resistir esta acción. También debe ser lo suficientemente impermeable para no permitir que el agua ingrese a las capas inferiores del pavimento, drenándola.

4. Control de Calidad del Material de Préstamo Importado para la Subrasante

4.1 Control de Calidad en la Fuente del Material

Al material de la cantera ubicada en la abscisa 11+000 del proyecto, con distancia de acarreo promedio de 7 Km, se procedió a tomar 2 muestras, las que se llevaron al laboratorio para ensayarlas, obteniendo los siguientes resultados:

ENSAYOS	PARAMETROS	MUESTRA 1	MUESTRA 2	OBSERVACIONES	
				MUESTRA 1	MUESTRA 2
Pasante Nº 200	<= 35%	48.03	70.03	No adecuado	No adecuado
Índice Plástico	<= 15%	35.49	32.62	No adecuado	No adecuado
Límite Líquido	<= 45%	64.58	61.67	No adecuado	No adecuado
Densidad Máxima	> 1.400 Kg/m ³	1393	1373	No adecuado	No adecuado
CBR	> 8%	3.1	3.1	No adecuado	No adecuado
Expansividad	<= 4%	4.9	4.9	No adecuado	No adecuado

Se clasificó al material como muy pobre debido a que el material es muy plástico, presentará grandes cambios de volumen y no soportará los esfuerzos cortantes.

Por tal motivo se evaluaron nuevas fuentes, el material de estas fuentes fue analizado y se obtuvieron los siguientes resultados:

PARAMETROS	ESPECIFICACIONES	CANTERAS				OBSERVACIONES			
		URUZCA	HOLCIM	CARRILLO	LAS CAÑITAS	URUZCA	HOLCIM	CARRILLO	LAS CAÑITAS
Pasante Nº 200	<= 35%	10.72	11.94	9.91	19.70	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
Índice Plástico	<= 15%	10.48	12.87	15.34	9.21	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
Límite Líquido	<= 45%	36.43	38.81	43.00	35.50	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
Densidad Máxima	> 1.400 Kg/m ³	1843	1710	1616	1553	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
CBR	> 8%	26.00	21.00	21.32	11.50	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
Expansividad	<= 4%	4.00	3.80	3.71	3.20	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado

Para escoger la mejor cantera se debe conocer la diferencia de montos con respecto a la distancia de acarreo asumida en el contrato.

Canteras Consideradas	Volumen préstamo importado	Distancia de acarreo en Km	Transporte (m ³ -Km)	Precio Unitario	Precio Total del material Préstamo importado	Diferencia respecto al contrato
Asumida en el contrato	102,729.33	7.00	719,105.31	0.26	\$186,967.38	\$0.00
Uruzca	102,729.33	34.10	3,503,070.15	0.26	\$910,798.24	\$723,830.86
Holcim	102,729.33	26.70	2,742,873.11	0.26	\$713,147.01	\$526,179.63
Carrillo	102,729.33	28.00	2,876,421.24	0.26	\$747,869.52	\$560,902.14
Las Cañitas	102,729.33	10.60	1,088,930.90	0.26	\$283,122.03	\$96,154.65

Como conclusión de éstos análisis, la fiscalización considera, que la cantera LAS CAÑITAS ubicada en la parroquia Charapotó, es la más recomendable para calificar como fuente de materiales para la explotación del material de préstamo importado, pues cumple

como material en cuanto a sus características técnicas y además representaría, en cuanto a costo, el menor valor al incremento por estar a una distancia más corta con relación a las demás canteras.

4.2 Control de Calidad del material transportado a obra

Para este control se tomaron muestras en las abscisas 0+780 y 10+040, las que fueron llevadas a laboratorio para ensayarse, obteniendo los siguientes resultados:

PARAMETROS	ESPECIFICACIONES	Muestra abscisa 0+780	Muestra abscisa 10+040	OBSERVACIONES	
				Muestra abscisa 0+780	Muestra abscisa 10+040
Pasante N 200	<=35%	7.82	13.11	Adecuado	Adecuado
Índice Plástico	<=15%	15.73	10.21	Adecuado	Adecuado
Límite Líquido	<=45%	46.81	35.42	No Adecuado	Adecuado
Densidad Máxima	>1.400 Kg/m ³ .	1534	1677	Adecuado	Adecuado
CBR	>8%	11.50	13.00	Adecuado	Adecuado
Expansividad	<= 4%	3.50	3.00	Adecuado	Adecuado

La muestra de la abscisa 10+040 cumple en su totalidad con lo especificado por lo que se aprueba su utilización. La muestra de la abscisa

0+780, tiene un índice plástico y límite líquido en poco porcentaje fuera de su rango, lo que nos indica que el material tiende a adquirir agua, pero según los datos de expansión, este no va a sufrir cambios volumétricos, además por el CBR el material es de buena calidad y soporta los esfuerzos transmitidos por las capas superiores. Debido a esto se aprueba su utilización. Como control para las abscisas siguientes se debe realizar ensayos más consecutivos para verificar si el material sigue siendo apto o no.

4.3 Control de Calidad del material después de la compactación

La capa terminada no debe variar en más de 2cm. Compactado el material se debe verificar su grado de compactación. Según las especificaciones para este material, el grado de compactación debe ser del 95%. Para el control se tomó diferentes pruebas en la primera capa, obteniendo:

ABSCISAS NO DE PRUEBA	DENSIDAD SECA DE CAMPO	HUMEDAD DE CAMPO	DENSIDAD SECA MÁXIMA (PROCTOR)	GRADO DE COMPACTACION	
				PRUEBA	MITOP (95%)
1ERA CAPA LADO IZQUIERDO					
5+480	1547	19.30	1515	102.11	Adecuado
5+520	1559	19.90	1515	102.89	Adecuado
5+560	1505	19.00	1515	99.34	Adecuado
5+600	1592	19.80	1515	105.07	Adecuado
5+640	1591	16.20	1515	105.03	Adecuado
5+680	1527	18.40	1515	100.79	Adecuado
5+720	1537	19.40	1515	101.44	Adecuado
5+760	1518	16.70	1515	100.17	Adecuado

Los valores de compactación tienden entre 100 y 105%, debido a que cada 1000 m³ se

toma muestras para obtener la densidad seca máxima, la que se asume constante hasta la siguiente toma de muestra. También ya que este valor de densidad seca máxima obtenido en el proctor representa el 100% de su grado de compactación.

Según lo analizado hasta un 105% el material mantiene sus propiedades granulométricas, por lo que se concluye que esta capa se encuentra adecuadamente compactada.

5. Control de Calidad del Material de Mejoramiento con Suelo Seleccionado

5.1 Control de Calidad del material transportado a obra

El material de Mejoramiento con suelo seleccionado es producto de la trituración del basalto de la cantera "HOLCIM", localizada en la zona de Picoazá, Cantón Portoviejo.

Para este control se ha tomado muestras en las abscisas 5+250 y 11+250

PARAMETROS	ESPECIFICACIONES	MUESTRA ABSCISA 5+250	MUESTRA ABSCISA 11+250	OBSERVACIONES	
				MUESTRA ABSCISA 5+250	MUESTRA ABSCISA 11+250
Pasante 4"(100mm)	100%	100	89.54	Adecuado	No Adecuado
Pasante N 200	<=20%	9.47	8.42	Adecuado	Adecuado
Índice Plástico	<=9	11.46	9.32	No Adecuado	Adecuado
Límite Líquido	<=35%	39.61	35.38	No Adecuado	Adecuado
Densidad Máxima	>1.400 Kg/m ³ .	1938	1693	Adecuado	Adecuado
CBR	> 20%	20.10	39.50	Adecuado	Adecuado

En la abscisa 5+250, el material va a tender a adquirir mayor cantidad de agua conllevando a deformaciones plásticas. Además el valor de CBR se encuentra al límite de su rango, indicándonos que tendrá problemas al soportar los esfuerzos, por lo que se procedió a mezclar con un 5% de arena, obteniendo así los nuevos valores del IP= 6,32; LL= 28,77 y CBR=40.24%. En la abscisa 11+250 podemos observar que el material pasante del tamiz de 4" no es el 100% como debería cumplir. Se puede permitir la colocación del material debido a que el límite líquido e Índice de plasticidad son valores cercanos al que indican las especificaciones y además porque esta capa estará protegida por la capa de sub-base la cual absorbe las deformaciones e hinchamientos.

5.2 Control de calidad del material después de la compactación

La capa terminada no debe variar en más de 2cm. Compactado el material se debe verificar su grado de compactación. Según las especificaciones para este material, el grado de

compactación debe ser del 95%. Para el control se tomó diferentes pruebas en la capa final del lado derecho, obteniendo:

ABSCISAS NO DE PRUEBA	DENSIDAD SECA DE CAMPO	HUMEDAD DE CAMPO	DENSIDAD SECA MÁXIMA (PROCTOR)	GRADO DE COMPACTACION	
				PRUEBA	MTOP (95%)
CAPA FINAL LADO DERECHO					
9+400	1.936	16.30	1866	103.73	Adecuado
9+450	1.967	15.40	1866	105.43	Adecuado
9+500	1.934	14.50	1866	103.63	Adecuado
9+550	1.837	16.20	1866	98.42	Adecuado
9+600	1.942	14.70	1866	104.05	Adecuado

Los valores de compactación tienden entre 100 y 105%, debido a que cada 1000 m³ se toma muestras para obtener la densidad seca máxima, la que se asume constante hasta la siguiente toma de muestra. También ya que este valor de densidad seca máxima obtenido en el proctor representa el 100% de su grado de compactación.

Según lo analizado hasta un 105% el material mantiene sus propiedades granulométricas, por lo que se concluye que esta capa se encuentra adecuadamente compactada.

6. Control de Calidad del Material de Sub-Base clase 2

6.1 Control de Calidad del material transportado a obra

Este material comprende una mezcla de gravas y arenas producto de la trituración del basalto de la cantera "HOLCIM", localizada en la zona de Picoazá, Cantón Portoviejo. Se hizo el control de calidad en algunas abscisas mostrando que el material cumplía con las características de un material de sub-base. Tomamos como ejemplo la muestra del material de la abscisa 11+680 LD debido a que este presentaba un cambio en su apariencia y por lo que se le hicieron los ensayos pertinentes mostrados a continuación

PARAMETROS	ESPECIFICACIONES	Muestra Abscisa 11+680 LD	OBSERVACIONES
Índice Plástico	Menos de 6	NP	Adecuado
Límite Líquido	Menos de 25	-----	Adecuado
Valor CBR%	Mayor de 30%	39%	Adecuado
Desgaste Abrasión	Menos de 50%	29.98%	Adecuado

TAMIZ	% en peso que pasa	Muestra Abscisa 11+680 LD	OBSERVACIONES
3" (76,2mm)	---	---	Adecuado
2" (50,4mm)	100	100	Adecuado
1 1/2" (38,1mm)	70 - 100	95.55	Adecuado
NO. 4 (4,75mm)	30 - 70	49.96	Adecuado
NO. 40 (0,425mm)	15 - 40	34.42	Adecuado
NO. 200 (0,075mm)	0 - 20	10.31	Adecuado

Como se puede observar en la tabla este material de apariencia café amarillenta que no era el material que se estaba transportando a la obra originalmente cumple con los parámetros establecidos para un material de Sub-base clase 2 por lo que se aprueba su utilización.

6.2 Control de Calidad del material después de la compactación

La capa terminada no debe variar en más de 2cm. Compactado el material se debe verificar su grado de compactación. Según las especificaciones para este material, el grado de compactación debe ser del 100%. Para el control se tomó diferentes pruebas en la primera capa del lado derecho, obteniendo:

ABSCISAS NO DE PRUEBA	DENSIDAD SECA DE CAMPO	HUMEDAD DE CAMPO	DENSIDAD SECA MÁXIMA (PROCTOR)	GRADO DE COMPACTACION	
				PRUEBA	MTOP (100%)
TERERA CAPA LADO DERECHO					
4+700	1.915	7.60	1904	100.58	Adecuado
4+660	1.941	9.87	1904	101.94	Adecuado
4+620	1.913	13.54	1904	100.50	Adecuado
2+200	1.904	10.40	1904	100.00	Adecuado
2+260	2.003	10.80	1904	105.18	Adecuado
2+320	1.991	13.54	1904	104.57	Adecuado
2+380	2.001	11.23	1904	105.08	Adecuado

Los valores de compactación tienden entre 100 y 105%, debido a que cada 1000 m³ se toma muestras para obtener la densidad seca máxima, la que se asume constante hasta la siguiente toma de muestra. También ya que este valor de densidad seca máxima obtenido en el proctor representa el 100% de su grado de compactación.

Según lo analizado hasta un 105% el material mantiene sus propiedades granulométricas, por lo que se concluye que esta capa se encuentra adecuadamente compactada.

7. Control de Calidad del Material de Base clase 1 A

7.1 Control de Calidad del material transportado a obra

Este material comprende una mezcla de rocas o gravas producto de la trituración del basalto de la cantera "HOLCIM", localizada en la zona de Picoazá, Cantón Portoviejo. Para este control se tomaron muestras del material de las abscisas 6+000 y 13+320 que se muestran en las siguientes tablas:

Parámetros exigidos en las Especificaciones	Especificaciones Generales	Muestra Abscisa 6+000	Muestra Abscisa 13+320	OBSERVACIONES	
				Muestra Abscisa 6+000	Muestra Abscisa 13+320
Índice Plástico	Menos de 6	NP	3.49	Adecuado	Adecuado
Límite Líquido	Menos de 25	---	26.40	Adecuado	No Adecuado
Valor CBR%	Igual o mayor de 80%	85%	86%	Adecuado	Adecuado
Desgaste Abrasión	Menos de 40%	24.30%	22.92%	Adecuado	Adecuado

TAMIZ	% en peso que pasa	Muestra abscisa 6+000	Muestra Abscisa 13+320	OBSERVACIONES	
				Muestra abscisa 6+000	Muestra Abscisa 13+320
2" (50.4mm)	100	100	100	Adecuado	Adecuado
1 1/2" (38.1mm)	70 - 100	89.09	91.00	Adecuado	Adecuado
1" (25.4mm)	55 - 85	66.61	80.00	Adecuado	Adecuado
3/4" (19.0mm)	50 - 80	55.82	68.00	Adecuado	Adecuado
3/8" (9.5mm)	35 - 60	41.29	47.00	Adecuado	Adecuado
No. 4 (4.75mm)	25 - 50	33.06	31.00	Adecuado	Adecuado
No. 10 (2.00mm)	20 - 40	28.58	28.04	Adecuado	Adecuado
No. 40 (0.425mm)	10 - 25	22.69	21.65	Adecuado	Adecuado
No. 200 (0.075mm)	2 - 12	3.75	5.66	Adecuado	Adecuado

La muestra de la abscisa 6+000 cumple con los parámetros especificados. Para la muestra de la abscisa 13+320, el Límite líquido está en poco porcentaje por encima de lo establecido. Esto nos indica que el material tiende a absorber agua, pero al recibir agua según los análisis del material, este va a soportar deformaciones sin romperse, ni agrietarse, ni va a sufrir variaciones volumétricas apreciables. También observamos que la granulometría, CBR y abrasión de los ángeles están dentro de los parámetros establecidos. Motivo por el que se aprueba su utilización.

7.2 Control de Calidad del material después de la compactación

La capa terminada no debe variar en mas de 1cm. Compactado el material se debe verificar su grado de compactación. Según las especificaciones para este material, el grado de compactación debe ser del 100%. Para el control se tomó diferentes pruebas en la capa final del lado derecho, obteniendo:

ABSCISAS NO DE PRUEBA	DENSIDAD SECA DE CAMPO	HUMEDAD DE CAMPO	DENSIDAD SECA MAXIMA (PROCTOR)	GRADO DE COMPACTACION	
				PRUEBA	MTOP (100%)
CAPA FINAL LADO DERECHO					
11+620	1.959	9.50	1.857	105.49	Adecuado
11+720	1.884	8.50	1.857	101.45	Adecuado
11+780	1.876	9.50	1.857	101.01	Adecuado
11+900	1.911	8.20	1.857	102.92	Adecuado
12+050	1.932	9.00	1.857	104.04	Adecuado
12+200	1.929	6.00	1.857	103.89	Adecuado
12+350	1.893	9.10	1.857	101.93	Adecuado
12+500	1.924	10.90	1.857	103.62	Adecuado

Según lo analizado hasta un 105% el material mantiene sus propiedades granulométricas, por lo que se concluye que esta capa se encuentra adecuadamente compactada.

8. Control de Calidad del Material de Base de Hormigón Asfáltico

8.1 Diseño de la Mezcla Asfáltica

El agregado está conformado por el 45% de material ripio n°7 el cual es pasante 1 1/2" hasta el tamiz No 4 y 55 % de material dren que es pasante el tamiz 3/8" hasta el No 200.

La mezcla según el diseño debe tener las siguientes características:

Cemento Asfáltico		% óptimo de Asfalto	Densidad Bulk promedio (gr/cm ³)	Peso Especifico máximo (gr/cm ³)
Peso específico	Penetración			
1.010	85-100	5.58	2.163	2.300

Estabilidad Marshall (lb)	Fluencia Marshall (pulg/100)	% de Vacíos	Vacios Agregado Mineral (VMA)	Vacios Llenos de Asfalto (VFA)
2.201	13	5.96	16.1	68

TEMPERATURA DE LA MEZCLA		
Al salir de la planta	Al llegar a la obra	Temperatura de compactación
150 °C	> 120 °C	100 - 110 °C

8.2 Control en Obra de la Mezcla

8.2.1 Control de la Mezcla transportada a obra

Se verifica la temperatura de llegada utilizando el termómetro de campo de cuadrante y vástago acorazado. Esta debe de ser mayor a 120 °C según el diseño. Como ejemplo se tomo las temperaturas del material transportado a obra el 23 de enero del 2010 como se muestra a continuación.

VIAJE NO	ABSCISAS		°C	OBSERVACIONES
	DESDE	HASTA		
1	10+200	10+220	130	Adecuado
2	10+220	10+240	128	Adecuado
3	10+240	10+267	122	Adecuado
4	10+267	10+290	130	Adecuado
5	10+290	10+308	126	Adecuado
6	10+308	10+324	115	Adecuado
7	10+324	10+340	100	Adecuado
8	10+340	10+368	110	Adecuado

De la tabla podemos observar que los viajes 6, 7 y 8 tienen una temperatura menor a 120°C pero no inferior a los 100 °C (temperatura de compactación), por lo que se procedió a la inmediata colocación y compactación, para no rechazar el material.

8.2.2 Control de la Mezcla compactada

8.2.2.1 Composición de la Mezcla

Se verifica realizando ensayos en laboratorio de diferentes briquetas tomadas a la mezcla compactada utilizando el Método Marshall. Los resultados de los ensayos realizados a algunas abscisas se muestran a continuación:

ENSAYOS	DISEÑO	RANGOS	
		MIN	MAX
ESTABILIDAD (lb)	2201	1800	—
FLUENCIA (pulg/100)	13	8	14
% VACIOS	5.96	3	8
% ASFALTO	5.58	4.8	6.0

MUESTRA ABSCISAS	CAMPO				OBSERVACIONES			
	ESTABILIDAD MARSHALL	FLUENCIA MARSHALL	% VACIOS	% ASFALTO	ESTABILIDAD MARSHALL	FLUENCIA MARSHALL	% VACIOS	% ASFALTO
11+500	2195	11,00	6,03	5,40	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
12+000	2133	10,04	8,69	5,00	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
13+500	2191	12,05	6,96	5,58	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
5+500	2155	9,63	8,33	5,17	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
6+500	2259	10,04	6,47	5,44	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
7+500	2247	12,31	5,80	5,63	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
8+000	1663	8,03	10,14	4,83	No Adecuado	No Adecuado	No Adecuado	No Adecuado
8+500	2204	13,45	5,21	5,87	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado

Como observamos las muestras de las abscisas 12+000 y 5+500 tienen un porcentaje de vacíos por encima de su máximo valor indicado en las especificaciones. Se acepta este material debido a que por su adecuado contenido de asfalto, este sellará eficazmente un gran porcentaje de vacíos interconectados en el pavimento, haciendo difícil la penetración del aire y del agua. Además los valores de estabilidad y fluencia nos indican que la mezcla bajo cargas va a resistir las deformaciones. Por otra parte la muestra de la abscisa 8+000, contiene una baja estabilidad, fluencia y contenido de asfalto, con un gran porcentaje de vacíos. Lo que nos indica que la mezcla no va a resistir las deformaciones y va a ser permeable.

8.2.2.2 Grado de Compactación

Para esto se procede a hacer ensayos de densidad de campo buscando obtener un 97% de compactación en el material.

ABSCISAS	FAJA	CALZADA	DENSIDAD DE CAMPO	DENSIDAD BULK	GRADO DE COMPACTACION	
					PRUEBA DE CAMPO	MTOP >97%
13+400	IZQUIERDA	DERECHA	2248	2259	99,50	Adecuado
13+450	IZQUIERDA	DERECHA	2311	2259	102,30	Adecuado
13+500	IZQUIERDA	DERECHA	2441	2259	108,10	No Adecuado
13+400	DERECHA	IZQUIERDA	2374	2259	105,10	Adecuado
13+450	DERECHA	IZQUIERDA	2400	2259	106,20	No Adecuado
13+500	DERECHA	IZQUIERDA	2273	2259	100,80	Adecuado
13+400	IZQUIERDA	IZQUIERDA	2289	2259	101,30	Adecuado
13+450	IZQUIERDA	IZQUIERDA	2498	2259	110,60	No Adecuado
13+500	IZQUIERDA	IZQUIERDA	2188	2259	96,90	Adecuado

Algunos valores están fuera del 97%, por lo que se debe verificar sus propiedades granulométricas y su densidad Bulk. Dependiendo de esto se rechaza o se indica si esta adecuadamente compactada.

9. Control de Calidad del material de carpeta Asfáltico

9.1 Diseño de la Mezcla Asfáltica

El agregado está conformado por el 30% de material ripio n°7 el cual es pasante 3/4" hasta el tamiz No 200; 64 % de material dren que es

pasante el tamiz 3/8" hasta el No 200; y 6% de arena de las playas de crucita.

La mezcla según el diseño debe tener las siguientes características:

Cemento Asfáltico		% optimo de Asfalto	Densidad Bulk promedio (gr/cm3)	Peso Especifico máximo (gr/cm3)
Peso especifico	Penetración			
1.010	85-100	6,84	2.171	2.260

Estabilidad Marshall (lb)	Fluencia Marshall (pulg/100)	% de Vacíos	Vacios Agregado Mineral (VMA)	Vacios Llenos de Asfalto (VFA)
2.287	12	3,94	17,8	78

TEMPERATURA DE LA MEZCLA		
Al salir de la planta	Al llegar a la obra	Temperatura de compactación
150 °C	> 120 °C	100 - 110 °C

9.2 Control en Obra de la Mezcla

9.2.1 Control de la Mezcla transportada a obra

Se verifica la temperatura de llegada utilizando el termómetro de campo de cuadrante y vástago acorazado. Esta debe de ser mayor a 120 °C según el diseño. Como ejemplo se tomo las temperaturas del material transportado a obra el 29 de julio del 2010 como se muestra a continuación.

VIAJE NO	ABSCISAS		°C	OBSERVACIONES Temperatura Diseño >120°C
	DESDE	HASTA		
1	10+190	10+177	130	Adecuado
2	10+177	10+155	120	Adecuado
3	10+155	10+124	125	Adecuado
4	10+124	10+107	120	Adecuado
5	10+107	10+090	120	Adecuado
6	10+090	10+070	130	Adecuado
7	10+070	10+048	125	Adecuado
8	10+048	10+027	125	Adecuado

El material mantiene las características para una mezcla de hormigón asfáltico.

9.2.2 Control de la Mezcla compactada

9.2.2.1 Composición de la Mezcla

Se verifica realizando ensayos en laboratorio de diferentes briquetas tomadas a la mezcla compactada utilizando el Método Marshall. Los resultados de los ensayos realizados a algunas abscisas se muestran a continuación:

ENSAYOS	DISEÑO	RANGOS	
		MIN	MAX
ESTABILIDAD (lb)	2287	1800	-----
FLUENCIA (pulg/100)	12	8	14
% VACIOS	3,94	3	5
% ASFALTO	6,84	5,7	7,3

ABSCISAS	CAMPO				OBSERVACIONES			
	ESTABILIDAD MARSHALL	FLUENCIA MARSHALL	% VACIOS	% ASFALTO	ESTABILIDAD MARSHALL	FLUENCIA MARSHALL	% VACIOS	% ASFALTO
6+750	2207	13,16	4,53	6,82	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
7+500	2202	13,94	4,18	7,00	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
8+000	2226	13,99	4,42	7,08	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
8+700	2214	13,68	4,36	6,97	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
9+500	2210	12,91	4,62	6,81	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
10+000	2223	13,70	4,33	6,94	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
10+500	2211	12,25	4,84	6,79	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
11+100	2192	14,00	4,00	7,10	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
11+600	2205	13,91	4,23	7,03	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado

9.2.2.2 Grado de Compactación

Para esto se procede a hacer ensayos de densidad de campo buscando obtener un 97% de compactación en el material.

ABSCISAS	FAJA	CALZADA	DENSIDAD DE CAMPO	DENSIDAD BULK	OBSERVACIONES	
					PRUEBA DE CAMPO	MTOP >97%
9+280	DERECHA	DERECHA	2204	2216	99,50	Adecuado
9+320	DERECHA	DERECHA	2158	2216	97,04	Adecuado
9+340	DERECHA	DERECHA	2188	2216	98,70	Adecuado
9+380	DERECHA	DERECHA	2223	2216	100,70	Adecuado
9+360	IZQUIERDA	DERECHA	2177	2216	98,30	Adecuado
9+280	DERECHA	IZQUIERDA	2311	2216	104,30	Adecuado
9+320	DERECHA	IZQUIERDA	2169	2216	99,90	Adecuado
9+340	DERECHA	IZQUIERDA	2223	2216	100,30	Adecuado

Mezcla adecuadamente compactada.

10. Conclusiones y Recomendaciones

Con la información recopilada en este trabajo podemos concluir lo siguiente:

1. La Fuente del material de préstamo importado asignada en el proyecto tuvo sus complicaciones, por lo que fue remplazada por una mejor, la cantera "Las Cañitas". De esta cantera se transportó el material a obra, y en las abscisas 0+780 y 10+040 se tomó muestras, las que se analizaron y dieron como resultado que el material seguía cumpliendo sus características. Además se verificó que su grado de compactación este entre el 95%.
- 2.- El material de mejoramiento con suelo seleccionado tomado en la abscisa 5+250 tenía problemas con la plasticidad por lo que se mejoró con un 5% de arena. El material compactado mantiene un grado de compactación adecuado y en ningún momento estuvo sobre-compactado.
- 3.- El material de sub-base clase 2 de la abscisa 11+680 LD presentaba un cambio en la apariencia del material, por lo que se realizó ensayos, obteniendo que este era adecuado para usarse. El grado de compactación se verifico por medio de ensayos de densidad de campo obteniendo un 100% de su compactación.

4.- El material de Base clase 1A transportado a obra fue analizado y como resultado se aprobó su utilización. El grado de compactación estuvo entre el 100%.

5.-A la mezcla de Base asfáltica se le verificó que la temperatura de llegada de la mezcla sea mayor a 20 °C, en aquellas que estuvo menor a esta, pero no inferior a 100 °C, se procedió a la inmediata colocación y compactación. También se controló la composición de la mezcla, para la abscisa 8+000 se tuvo que retirar el material debido a su mala composición. En cuanto al grado de compactación, la mezcla estuvo adecuadamente compactada.

6.- La carpeta de rodadura de hormigón asfáltico tuvo una adecuada temperatura de llegada, una buena composición de la mezcla y en ningún punto estuvo la mezcla sobre compactada.

Algunas Recomendaciones:

- 1.- Se recomienda guiarse de las normas, no seguirlas estrictamente, sino más bien entenderlas y analizarlas con criterio ingenieril para poder tomar la decisión correcta de aprobar o rechazar un material si este no cumple con los parámetros establecidos.
- 2.- Cuando hay inconvenientes con los parámetros en una abscisa se recomienda realizar ensayos más consecutivos a las siguientes abscisas para verificar si el material transportado a obra sigue teniendo las propiedades granulométricas adecuadas para ser utilizado.
- 3.- Un densímetro nuclear emite emisiones gamas peligrosas para el ser humano, por lo que recomendamos tener todas las precauciones y evitar estar muy cerca del equipo a la hora de ser utilizarlo

11. Referencias

- [1] Texto: Estudios para la Rehabilitación de la Carretera Cruz Verde – Crucita; Autor: CONSDISEÑO C. LTDA.
- [2] Ensayos de laboratorio del proyecto de Rehabilitación de la Carretera Cruz Verde – Crucita brindada por la Fiscalizadora CPR
- [3] Manual MS-22 “ Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente”; Autor: Instituto de Asfalto (Asphalt Institute)
- [4] “Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes” Tomo I y Tomo II.; Autor: Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP)