



13

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y  
MODELOS ESTRUCTURALES

**ESTUDIO DE INGENIERIA  
DE MATERIALES**

**DICTAMEN DE CALIDAD  
PARA MEZCLAS ASFALTICAS  
Y LIGANTE ASFALTICO**

**PROYECTO  
TARAS - LA GEORGINA**



JUNIO DE 1997

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y  
MODELOS ESTRUCTURALES**

**ESTUDIO DE INGENIERIA  
DE MATERIALES**

**DICTAMEN DE CALIDAD  
PARA MEZCLAS ASFALTICAS  
Y LIGANTE ASFALTICO**

**PROYECTO  
TARAS - LA GEORGINA**



JUNIO DE 1997

San José, 11 de junio de 1997.

Señor  
Ing. Eduardo Rojas Rodríguez,  
Director General,  
Dirección General de Control de Obras Públicas,  
Contraloría General de la República.  
S.O.

Estimado señor:

De acuerdo con los términos de nuestra contratación con su representada, remitimos a usted para su consideración, el informe final del dictamen de calidad para la mezcla asfáltica y el ligante asfáltico del Proyecto Taras - La Georgina.

Muy atentamente,

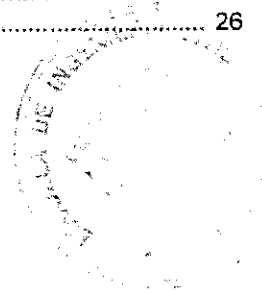
ORIGINAL }  
FIRMADO } DR. JUAN PASTOR G.

Dr. Juan A. Pastor Gómez,  
Director,  
Laboratorio Nacional de Materiales  
y Modelos Estructurales.



## INDICE GENERAL

Sección	Pag.
1- Introducción .....	1
2- Pruebas de laboratorio realizadas .....	2
2.1- Mezcla asfáltica .....	2
2.2- Agregados .....	2
2.3- Cemento asfáltico .....	2
3- Resultados de las pruebas de laboratorio .....	4
3.1- Mezcla para carpeta asfáltica, de acuerdo con el diseño (sin número) de la Constructora Hernán Solís S.R.L. ....	4
3.2- Ligante asfáltico .....	4
3.3- Pruebas para el agregado virgen .....	4
4- Discusión de resultados de las pruebas realizadas a la mezcla asfáltica y el agregado .....	7
4.1- Material de la carpeta (superficie de rodadura) .....	7
4.1.1- Pruebas en la mezcla asfáltica .....	7
4.1.1.1- Estabilidad y flujo .....	7
4.1.1.2- Resistencia y estabilidad retenida .....	8
4.1.1.3- Relación de vacíos en la mezcla( Tabla No.1) .....	8
4.1.1.4- Vacíos en la muestra inalterada y porcentaje de compactación en sitio .....	9
4.1.1.5- Razones de propiedad de servicio (RPS) y construcción satisfactoria (RCS) .....	9
4.1.1.6- Contenido de asfalto (Tabla No.1) .....	10
4.1.1.7- Otros parámetros .....	11
4.1.1.7.1- Vacíos en el agregado mineral y porcentaje de vacíos llenos con asfalto (Tabla No.4) .....	11
4.1.1.7.2- Relación polvo asfalto .....	13
4.1.2- Agregados .....	13
4.1.2.1- Granulometría en agregados extraídos de la mezcla asfáltica (Tabla No. 1) .....	13
4.1.2.2- Pruebas para el agregado virgen (Tabla No. 1) .....	16
5- Discusión de resultados de las pruebas realizadas al ligante asfáltico .....	16
5.1- Evaluación visual de la muestra de asfalto de la planta No. 2 .....	17
5.1.1- Observación y contenido de agua de la muestra de asfalto No. 2 del tanque .....	17
5.1.2- Descripción del proceso de calentamiento de la muestra a diferentes temperaturas .....	17
5.1.3- Pruebas de caracterización en muestra No. 2 del tanque previamente tratada .....	18
Fotografía No.1 .....	19
Fotografía No.2 .....	20
Fotografía No.3 .....	21
5.2- Consistencia .....	23
5.2.1- Cumplimiento de especificaciones (asfalto del tanque) .....	23
5.2.2- Evaluación de la prueba de consistencia en el ligante asfáltico extraído .....	23
5.3- Ductilidad (Tabla No. 2) .....	25
5.4- Pérdida de peso por calentamiento en el horno de película delgada (Tanque de almacenamiento) .....	26
5.5- Resultados de la prueba de caracterización en la muestra No. 2 del tanque de la planta tratada .....	26
5.6- Evaluación de la calidad del ligante asfáltico .....	26

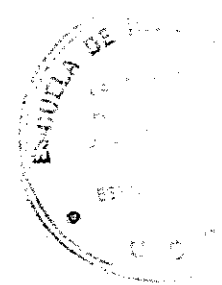


<b>6- Correlación de resultados de laboratorio con la evaluación visual de muestras</b> .....	27
6.1- Estación 79+000 .....	27
6.2- Estación 82+000 .....	28
6.3- Estación 84+500 .....	29
<b>7- Evaluación integral de las pruebas realizadas</b> .....	30
<b>8- Recomendaciones</b> .....	31
ANEXO I	
RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO REALIZADAS A LAS MUESTRAS DE MEZCLA .....	34
ANEXO II	
RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO REALIZADAS AL LIGANTE ASFALTICO .....	56
ANEXO III	
RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO ADICIONALES PARA AGREGADOS .....	62



### INDICE DE TABLAS

Tabla	Pag.
Tabla No.1. Control de calidad. Superficie de rodadura (diseño sin número del 22/ 11/ 95 de Cons. Hernán Solís) .....	5
Tabla No.2 Resultados de las pruebas de laboratorio realizadas al el ligante asfáltico.....	6
Tabla No.3 Vacíos en agregado mineral y porcentaje de vacios llenos con asfalto (material de carpeta y extraído en sitio) .....	12
Tabla No.4 Vacíos en agregado mineral y porcentaje de vacios llenos con asfalto (material de carpeta y tomado en planta) .....	12
Tabla No. 5 Resultados de los análisis realizados a la muestra No. 2 de asfalto del tanque de la planta modificada para reducir el contenido de agua, de acuerdo con sección No. 5-1.....	22



**PROYECTO TARAS - LA GEORGINA**  
**DICTAMEN DE CALIDAD DE MEZCLA ASFALTICA Y LIGANTE**  
**ASFALTICO**

**1 - Introducción.**

El proyecto Taras - La Georgina, licitación No. 26-93, comprende la construcción de un pavimento flexible, de acuerdo con el diseño de mezcla, sin número, con fecha 22/11/95 de la Constructora Hernán Solís S.R.L.

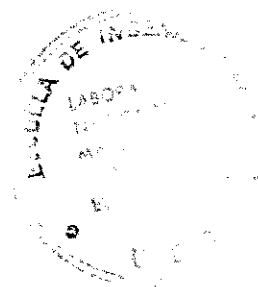
Los objetivos de este informe son:

A) Presentar un análisis de las pruebas experimentales realizadas por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME).

B) Realizar una evaluación del cumplimiento de los valores de diseño durante el proceso constructivo real.

Dichos objetivos están de acuerdo con las tareas que solicitó la Dirección General de Control de Obras Públicas (DGOP) de la Contraloría General de la República al LANAMME, por medio de los oficios No. 14978 del 17 de noviembre de 1995, No. 1693 del 13 de febrero de 1996, No. 2216 del 23 de febrero de 1996 y No. DCOP-513 del 4 de noviembre de 1996.

Este informe comprende la evaluación de los análisis efectuados a la muestra obtenida de concreto asfáltico, tomada en la planta central de producción y de núcleos extraídos en el sitio de la obra; así como del cemento asfáltico tomado del tanque de almacenamiento de la planta central, y del asfalto extraído de la mezcla asfáltica tomada de la planta central y del sitio del proyecto, tanto previo a la colocación-compactación, como posterior a la construcción luego de varios meses de operación.



## **2 - Pruebas de laboratorio realizadas.**

### **2-1. Mezcla asfáltica.**

- \* Densidad. ASTM D 1188.
- \* Cálculo de vacíos en muestra inalterada.
- \* Estabilidad y flujo, según diseño de mezcla Marshall. ASTM D 1559.
- \* Vacíos en muestras remoldeadas. ASTM D 3203.
- \* Resistencia retenida. ASTM D 4867 y ASTM D 1559.
- \* Estabilidad retenida.
- \* Cálculo de razón de propiedad de servicio.
- \* Cálculo de razón de construcción satisfactoria.
- \* Contenido de asfalto sobre mezcla. ASTM D 2172.
- \* Temperaturas de mezcla y compactación. De acuerdo con requerimientos del Instituto del Asfalto, manual MS-2.
- \* Granulometría después de la extracción del ligante.

### **2-2. Agregados.**

- \* Granulometría de los diferentes componentes de las mezclas de agregado utilizados en el diseño de mezcla así como de la mezcla de los mismos proporcionados de acuerdo con las proporciones del diseño de mezcla.
- \* Gravedad específica y absorción de los diferentes componentes de las mezclas de agregado utilizados en el diseño de mezcla.
- \* Límites líquido y plástico del agregado fino.
- \* Prueba de cubicidad en las fracciones de agregado grueso utilizados en el diseño de mezcla.
- \* Prueba de abrasión para el agregado grueso e intermedio.

### **2-3. Ligante asfáltico.**

Muestras del ligante asfáltico utilizado para la producción de la mezcla fueron tomadas del tanque de almacenamiento de la planta de producción de concreto asfáltico mezclado en caliente. Se realizaron pruebas en el ligante tanto del tanque de



almacenamiento de la planta, como del producto de la extracción de bitumen en las muestras de mezcla asfáltica tomadas en la planta, del sitio del proyecto previo a la colocación y compactación, y del sitio del proyecto posterior a la construcción y algún período de operación.

De esta forma, se realizaron las siguientes pruebas, tanto al asfalto del tanque como al extraído.

- \* Penetración a 25°C. AASHTO D - 49

- \* Ductilidad a 25°C. AASHTO D - 51.

- \* Viscosidad absoluta a 60°C. ASTM D 2171.

- \* Porcentaje de ceniza de extracción. ASTM D 2939.

- \* Pérdida de peso por calentamiento en la prueba del horno de película delgada, para el ligante tomado en los tanques de almacenamiento. AASHTO T - 179.

- \* Penetración a 25°C del residuo de la prueba de pérdida de peso por calentamiento en la prueba del horno de película delgada, para el ligante tomado en los tanques de almacenamiento.

- \* Ductilidad a 25°C del residuo de la prueba de pérdida de peso por calentamiento en la prueba del horno de película delgada, para el ligante tomado en los tanques de almacenamiento.

- \* Viscosidad absoluta a 60°C del residuo de la prueba de pérdida de peso por calentamiento en la prueba del horno de película delgada, para el ligante tomado en los tanques de almacenamiento.

Adicionalmente se realizaron las siguientes actividades, para una mejor evaluación de las condiciones del ligante asfáltico.

- \* Observaciones sobre el aspecto físico del asfalto en el tanque de almacenamiento.

- \* Fotografías a color de la muestra No. 2 tomadas del tanque de almacenamiento de asfalto.

### **3 - Resultados de las pruebas de laboratorio.**

#### **3-1. Mezcla para carpeta asfáltica, de acuerdo con diseño sin número de la Constructora Hernán Solís S.R.L.**

En la Tabla No. 1 se presentan los resultados de los análisis efectuados a la mezcla asfáltica de la superficie de rodadura, incluyendo las muestras tomadas en planta y las muestras extraídas en sitio.

Debe considerarse que el material del cual se obtuvo la muestra No. 1 de planta fue posteriormente colocado en la estación 78+700. Adicionalmente, el material correspondiente a la muestra No. 2 de planta fue utilizado en una operación de bacheo.

#### **3-2. Ligante asfáltico.**

En la Tabla No. 2 se presenta un resumen de los resultados de las pruebas realizadas al ligante asfáltico. Debe tenerse presente que se ha separado la caracterización del ligante en tres estados: ligante virgen, ligante extraído de la mezcla recién producida en planta y ligante extraído de la mezcla colocada, compactada y en servicio.

#### **3-3. Pruebas para el agregado virgen.**

Además de las pruebas de laboratorio realizadas a los agregados extraídos en la prueba de separación de asfalto en las muestras analizadas, se estudió una muestra de agregado virgen, con los resultados indicados en el Anexo III.

Las pruebas adicionales incluyen las curvas granulométricas para el agregado grueso, agregado intermedio y agregado fino; prueba de cubicidad para el agregado grueso, límites de Atterberg para el agregado fino, gravedad específica y absorción para todos los tipos de agregado (grueso, intermedio y fino); y prueba de abrasión en los agregados grueso e intermedio. Adicionalmente, siempre que es posible se determinan los valores correspondientes al agregado combinado, de acuerdo con las proporciones establecidas en el diseño de mezcla.

TABLA N° 1

PROYECTO: TARAS - LA GEORGINA  
 DISEÑO: SIN NÚMERO DEL 22 DE NOVIEMBRE DE 1995 DE CONS. HERNÁN SOLÍS.  
 CONTROL DE CALIDAD  
 SUPERFICIE DE RODADURA

MATERIAL	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CR-77	FORMULA DE LA MEZCLA PARA EL TRABAJO		RESULTADOS DE PRUEBAS REALIZADAS POR EL LANAMME A MEZCLAS									
		VALORES	TOLERANCIA *	# 1 SITIO	# 2 SITIO	# 3 SITIO	# 1 PLANTA	# 2 PLANTA	# 3 PLANTA	AGREGADO GRUESO	AGREGADO INTERM.	AGREGADO FINO	AGREGADO COMBINADO
Mezcla asfáltica (carpeta)		7.5		7.8-8.4	6.5-7.0	6.0-6.5	2174	2142	2234				
Espesor en sitio (cm)		2150		2150	2120	2158	2174	2142	2234				
Densidad													
Vacos en muestra Inalterada	3.00 - 5.00 %												
Compacción	min 95.0%												
Estabilidad	700.0 Kg min	1490		1567	1527.7	1542.1	1007.2	1320.1	1454				
Flujo	20.3-40.8 x 10 <sup>-2</sup> cm	37		38	37	34	34	25	27				
Vacos en la mezcla	3.0 - 5.0 %	3.2		3.0	3.6	4.8	1.7	3.5	3.6				
Resistencia Retenida	60.0 % min	S.I.		68.6	84.5	80.5	85.1	92.2	90.4				
Estabilidad Retenida	75.0 % min	S.I.		86.1	79.5	77.6	97.6	88.1	82.5				
Razón de Propiedad de Servicio (RPS)	48.0 % max	25.0		17.9	24.2	22.0	33.8	18.9	18.6				
Razón de construcción Saltatoria (RCS)	8.0 % min	7.8		6.0	6.7	4.6	19.9	5.4	5.2				
Contenido asf. sobre mezcla		6.45		5.95 - 6.95	5.34	5.92	6.34	7.31	7				
Contenido asf. sobre agregado		6.90		6.40 - 7.40	6.84	6.3	6.77	7.89	7.63				
Temperatura de mezclado													
Temperatura de compactación**				138-140°C	138-140°C	138-140°C	138-140°C	138-140°C	138-140°C				
Agregados Graduación	% pasando	% pasando	% pasando	% pas	% pas	% pas	% pas	% pas	% pas	% pas	% pas	% pas	% pas
Malla 25.4 mm ( 1 ")	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100.0
Malla 19.0 mm ( 3/4 ")	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100.0
Malla 9.5 mm ( 3/8 ")	86	81 - 90	86	83	78	84	84	83	81	83	81	81	78.9
Malla N° 4	61	54 - 68	66	60	57	53	58	58	53	58	53	53	60.7
Malla N° 8	44	37 - 50	51	44	45	45	38	41	37	41	37	37	44.0
Malla N° 50	13 - 23	13 - 21	21	16	23	23	13	10	14	10	14	14	17.3
Malla N° 200	3.0-8.0	3.0 - 5.0	3.7	7	10.3	7.2	7.2	3.5	4.6	3.5	4.6	4.6	5.4
Abrasión	40 % max.	S.I.											N/A
Caras fracturadas ( 1 cara )	min 50 %	S.I.											No presenta
Índice de plasticidad	max 6%	S.I.											No presenta
Límite líquido	< 25 %	S.I.											No presenta
Desnudamiento		S.I.											No presenta
OTROS PARAMETROS													
VMA (%)	superior al 13 %	15.7		13	13.7	12.7	12.5	14.6	10.7				
WFA (%)	entre 65 y 75 %	79.8		78.8	73.7	62.2	88.4	76.1	66.4				
Relacion polvo / asfalto	0.6 - 1.3	0.57		1.50	1.31	1.74	1.14	0.48	0.66				

Note: S.I. = sin información, N.A. = no aplica, M.D. = muestra disgregada  
 \*\* Rango de temperaturas usadas por el laboratorio en el remoldeo de las pastillas.  
 \*\*\* Temperatura tomada en la mezcla de planta.

Tabla No. 2. Resultados de pruebas de laboratorio para el ligante asfáltico.  
Proyecto Taras - La Georgina.

	AASHTO		ASFALTO DEL TANQUE DE LA PLANTA		ASFALTO EXTRAÍDO CON TRICLORO-ETILENO EN MEZCLA PREVIO A SU COLOCACION Y COMPACTACION			ASFALTO EXTRAÍDO CON TRICLORO-ETILENO EN MEZCLA EN SITIO, POSTERIOR A COLOCACION Y COMPACT.			ESPECES. MEIC	ESPECES. AASHTO M-20 (2)	
	18/6/96	9/06/96	25/9/96	18/6/96	9/06/96	18/6/96	25/9/96	18/6/96	18/6/96	18/6/96	18/6/96	18/6/96	18/6/96
FECHA DEL MUESTREO													
MUESTRA													
ESTACIONAMIENTO													
PENETRACION (1/10 mm) (1/10 mm) (4)	D - 49	87	94	No 1 planta	No 2 planta	No 3 planta	No 1 78+400	No 2 BACHEO planta	No 3 CARPETA planta	No 1 CARPETA 79+000	No 2 CARPETA 82+000	No 3 CARPETA 84+526	
DUCTILIDAD A 25°C (cm)	D - 51	> 100	> 100										> 100
VISCOSIDAD ABSOLUTA A 60°C (Poisas)	D2171 (ASTM)	2250	2040										
PERDIDA EN PELIGULA DELGADA (%)	T - 179	0.74	0.65										< 1.0 %
PENETRACION DEL RESIDUO (1/10 mm)	T - 49	55	63										mn. 50 % de original
DUCTILIDAD DEL RESIDUO A 25°C (cm)	T - 51	> 100	> 100										> 75
VISCOSIDAD ABSOLUTA DEL RESIDUO A 60°C (Poisas)	D2171 (ASTM)	5800	4900										
RAZON VISCOSIDAD ABS. DEL RESIDUO A VISCOSIDAD ABS. ORIGINAL		2.58	2.40										menor a 3, segun Inst. del Asfalto
CONTENIDO DE CENIZA (%) LUEGO DE EXTRACCION DE BITUMEN													< 1.0 % (ASTM)

Notas: (1) La temperatura del tanque al tomar las muestras fue de 115°C.

(2) Las especificaciones ASTM son iguales a las AASHTO, exceptuando la penetración del residuo de la prueba de pérdida de peso por calentamiento, que debe ser superior al 47 %.

(3) La muestra No. 2 del asfalto aparenta estar contaminada (ver Sección No. 5-1, para una evaluación visual de la misma). Adicionalmente, ninguna prueba se pudo realizar en su estado original, dada la ebullición de la misma con las temperaturas superiores a 80°C. Ver fotografías de la muestra No. 2 en pp. 19 a 21.

(4) La viscosidad a 60°C del asfalto extraído, tanto de sitio como de planta, han sido modificadas por un factor de corrección de 0.68. La penetración a 25°C está corregida por un factor de corrección de 0.84. Dichos factores han sido determinados experimentalmente por el LANAMME, a partir de pruebas de simulación del proceso de extracción en asfaltos de viscosidad conocida.

La prueba realizada consistió en la determinación de la viscosidad absoluta de una muestra de asfalto virgen, para posteriormente simular el proceso de separación de tal asfalto y el tricloretileno a, estableciendo un factor de corrección que minimiza el efecto contaminante del tricloretileno sobre el asfalto.

(5) Las ductilidades y viscosidades absolutas para las muestras No. 1 y 2 de sitio, no se pudieron determinar, dado que las muestras de ductilidad presentaron tal rigidez que fallaron al comenzar la prueba, mientras que las muestras de viscosidad absoluta obstruyeron los viscosímetros, dada la alta viscosidad de los mismos.

#### **4- Discusión de resultados para pruebas en la mezcla asfáltica y el agregado.**

Los resultados de laboratorio se obtienen en forma individual, analizando cada muestra en particular y señalando sus propiedades de acuerdo con la interpretación de los resultados obtenidos. Adicionalmente, se señalarán las diferencias encontradas entre las muestras de mezcla tomada en planta y tomada en sitio.

##### **4-1. Material de la carpeta (superficie de rodadura).**

###### **4-1-1. Pruebas en la mezcla asfáltica.**

###### **4-1-1-1. Estabilidad y flujo (Tabla No.1).**

El diseño de mezcla cumple los requisitos de estabilidad y flujo, de acuerdo con las especificaciones técnicas del CR-77.

El requisito de estabilidad mínima se cumple en todos los casos, tanto para las muestras tomadas en planta como para las muestras extraídas en sitio. Los valores de estabilidad son cercanos a 1500 kg para las muestras tomadas en sitio, mientras que las estabildades de las muestras tomadas de la planta central son similares exceptuando la muestra No. 1 de planta (1007 kg).

Las estabildades medidas en las muestras tomadas, tanto de planta como de sitio, no difieren por mucho del valor de estabilidad de diseño (1490 kg).

Los valores de flujo medidos están dentro del rango especificado (20,0 a 40,0 centésimas de centímetro), oscilando entre 25,0 y 37,0 centésimas de centímetro, tanto para las muestras extraídas del sitio del proyecto como para las tomadas en planta. Debe observarse, sin embargo, que el valor de flujo de diseño es más elevado (37,0 centésimas de centímetro) que el valor de flujo correspondiente a la mayoría de las muestras analizadas.

No existe evidencia de una gran diferencia en flujo ni en estabilidad de las muestras en planta y sitio.

#### **4-1-1-2. Resistencia y estabilidad retenidas(Tabla No.1).**

Las muestras tomadas en planta dieron resultados satisfactorios desde el punto de vista de resistencia retenida, dado que el mínimo se da para la muestra No. 1 (85,1 %) y el mínimo permisible por las especificaciones es 60 %. Sin embargo, las muestras extraídas del sitio del proyecto presentan resistencias retenidas tan bajas que incluso se da un incumplimiento de especificaciones en dos de los casos (muestra No. 2 y 3). Existe evidencia, por lo tanto, de que la mezcla tiene una resistencia al desnudamiento inadecuada.

Las muestras, tanto de planta como de sitio, presentan valores satisfactorios de estabilidad retenida, dado que todos los porcentajes de estabilidad retenida superan el mínimo especificado de 75 %.

Una posible explicación de esta diferencia de comportamiento entre las muestras de planta y las muestras de sitio es la eventual utilización de temperaturas de mezclado y compactación inadecuadas para el tipo de asfalto utilizado y/o el bajo contenido de asfalto en la mezcla.

#### **4-1-1-3. Relación de vacíos en la mezcla (Tabla No.1).**

Únicamente la muestra No. 1 de planta presenta un contenido de vacíos fuera de las especificaciones (1,7 %). El resto de las muestras presenta contenidos de vacíos aceptables, restringiéndose a un rango de 3,0 a 4,8 %. La muestra No. 1 de sitio presenta un contenido de vacíos menor al de diseño.

Contenidos bajos de vacíos tendrían como consecuencia la tendencia de la muestra a presentar exhudación, al ser sujeta a altas temperaturas y carga de tránsito, con el consecuente deterioro en la calidad de rodadura. En este caso, sin embargo, únicamente se da un caso en que el contenido de vacíos es bajo (la muestra de planta No. 1 tiene un 1,7 % de vacíos), por lo que puede representar un caso aislado; dicha afirmación requeriría, por supuesto, un análisis estadístico con un mayor número de muestras.

Debe tenerse presente que el diseño de mezcla si satisface las especificaciones referentes a contenido de vacíos, ya que se ha reportado 3.2 % como el porcentaje de vacíos para el contenido óptimo de asfalto.

**4-1-1-4. Vacíos en la muestra inalterada y porcentaje de compactación en sitio (Tabla No. 1).**

El porcentaje de vacíos en la muestra inalterada es alrededor de 9,0 % en las dos muestras analizadas (No. 1 y 3 de sitio), superando ampliamente el máximo especificado de 5,0 %. De esta forma, se puede apreciar como las muestras analizadas presentan un exceso de vacíos en sitio, a pesar de que las pastillas remoldeadas presentan un adecuado contenido de vacíos, lo cual evidencia la posibilidad de que el proceso de compactación no haya sido adecuado (temperaturas muy bajas y/o inadecuada carga en los compactadores).

El porcentaje de compactación en sitio de las muestras No. 1 y 3 es de aproximadamente 91,0 %, lo cual es inaceptable de acuerdo con el criterio mínimo de 95,0 %. Una deficiencia en el porcentaje de compactación tiene como consecuencia la tendencia de la mezcla a experimentar deformaciones plásticas excesivas (formación de roderas en las huellas, por efecto de las cargas de tránsito) al ser sujeta a altas temperaturas.

**4-1-1-5. Razón de propiedad de servicio (RPS) y razón de construcción satisfactoria (RCS, Tabla No.1).**

La RPS es satisfactoria para todas las muestras, de acuerdo con las especificaciones técnicas. Hay diferencia entre los valores de la RPS de las muestras analizadas (17,9 a 33,8 %) con respecto al dato de diseño (25,0 %). Tampoco existe un claro indicativo de que exista una diferencia considerable entre las RPS de las muestras tomadas en planta y las RPS de las muestras extraídas del proyecto.

La RCS no es lo suficientemente alta para ninguna de las muestras, exceptuando la muestra No. 1 de planta, dado que los valores oscilan entre 4,6 y 6,7 %. La especificación del código CR-77 es de 8,0 % como mínimo. El diseño de mezcla tampoco satisface la normativa CR-77, dado que presenta una RCS de 7,8 %.

A pesar de que las muestras analizadas presentan valores de estabilidad y flujo dentro de las especificaciones, al igual que un contenido de vacíos adecuado (exceptuando la muestra No. 1 de planta), el indicador RCS no cumple con la normativa CR-77 en la mayoría de los casos. La causa del no cumplimiento de las especificaciones para la RCS es que la estabilidad es elevada, para el nivel de flujo registrado y el contenido de vacíos en la mezcla. Así, la magnitud de valores para la RCS evidencia una alta rigidez, que puede ser incrementada por la oxidación del ligante, dado su nivel de vacíos. Así, la mezcla tiende a ser más rígida, favoreciendo el agrietamiento por fatiga y/o cambios térmicos. La única muestra con RCS satisfactoria es la No. 1 de planta, ya que dado su contenido bajo de vacíos (1,7 %) presenta mayor obstáculo a la oxidación del ligante. Sin embargo, el bajo contenido de vacíos de tal muestra (No. 1 de planta) es ya de por sí negativo, dado que evidencia tendencia a la exhudación (por carencia de vacíos).

#### **4-1-1-6. Contenido de asfalto (Tabla No. 1).**

Únicamente la muestra No. 1 de planta y No. 1 de sitio presentan un contenido de asfalto sobre la mezcla (peso total) satisfactorio, dentro de los límites de tolerancia. Las restantes muestras de sitio presentan contenidos de asfalto bajos (5,34 y 5,92 %), mientras que las restantes muestras de planta tienen contenidos de asfalto elevados (7,31 y 7,00 %).

Existe una marcada diferencia entre el contenido de asfalto del material de planta y el contenido de asfalto de la mezcla en sitio, dado que las muestras de planta presentan hasta un 7,31 % de asfalto, mientras que las muestras de sitio llegan a contenidos de asfalto tan bajos como 5,34 %. Las muestras de planta presentan un exceso de asfalto (valor sobre el límite superior de la tolerancia), los de sitio presentan una carencia de asfalto (valor inferior al límite inferior de tolerancia).



La falta de asfalto en la mezcla extraída del sitio del proyecto concuerda con la baja estabilidad retenida observada en las muestras de sitio.

#### **4-1-1-7. Otros parámetros.**

##### **4-1-1-7-1. Vacíos en el agregado mineral (VMA) y porcentaje de vacíos llenos con asfalto (VFA, Tablas No. 3 y 4)<sup>1</sup>.**

A pesar de que no existe especificación en el CR-77 respecto a vacíos en agregado mineral, según la metodología de diseño de mezcla del método Marshall (MS-2, Instituto del Asfalto), para una mezcla con tamaño nominal del agregado de 19,0 mm, es requerido tener por lo menos un 13,0 % de vacíos en el agregado mineral (porcentaje total de vacíos disponible para ser llenado con asfalto, en el volumen total de la mezcla).

El porcentaje de vacíos en el agregado mineral es igual o superior a 13 % en las muestras No. 1 y 2 de sitio y No. 2 de planta (Tabla No. 4). Existe similitud de condiciones entre ambos tipos de muestras (planta y sitio), presentando similares promedios (13,1 % para material de sitio y 12,6 % para material de planta). El diseño de mezcla sí cumple con el criterio de vacíos en el agregado mineral, dado que presenta un 15,7 % de VMA. Una deficiencia en el contenido de vacíos en el agregado mineral puede tener como consecuencia un problema de adherencia agregado-asfalto, así como un bajo contenido de vacíos en la mezcla, que determina la tendencia a la exhudación.

El método de diseño de mezcla por el Método Marshall (MS-2, Instituto del Asfalto), especifica de un 65 a un 75 % de vacíos llenos con asfalto (VFA), lo cual no se cumple en el diseño de mezcla (79,6 %), ni se da en varias de las muestras analizadas. Las muestras No. 2 de sitio (Tabla No. 3) y No. 3 de planta (Tabla No. 4) están dentro del rango recomendado. La muestra No. 1 de sitio (76,8 %), No. 1 de planta (86,4 %) y No. 2 de planta (76,1 %) presentan un contenido de asfalto muy elevado, lo cual evidencia tendencia a la exhudación. La muestra No. 3 (Tabla No. 3) de sitio presenta

---

<sup>1</sup> Estos parámetros no están incluidos en el CR-77, sin embargo, si existen especificaciones en el FP-92. Se han incluido con el objeto de verificar propiedades de la mezcla asfáltica que han sido analizadas por medio de otras pruebas que si están especificadas en el CR-77.

**TABLA No. 3. Vacíos en agregado mineral y porcentaje de vacíos llenos con asfalto.  
Material de carpeta asfáltica / material extraído en sitio.**

estación	79+000 (1) SITIO	82+000 (2) SITIO	84+500 (3) SITIO	DISEÑO
asf. twm (%)	6,12	5,34	5,92	6,45
G s mezcla	2,157	2,120	2,158	2,160
G s agregado	2,326	2,326	2,326	2,326
% vacíos	3,00	3,60	4,80	3,20
VMA (%)	13	13,7	12,7	15,70
VFA (%)	76,6	73,6	62,2	79,60

La gravedad específica del agregado es 2,326 (según datos del diseño de mezcla).

VMA =  $[1 - \text{porcentaje por peso de agregado} * \text{gravedad específica mezcla} / \text{gravedad específica del agregado}] * 100$

VFA =  $[(\text{VMA} - \text{contenido de vacíos}) / \text{VMA}] * 100$

**TABLA No. 4. Vacíos en agregado mineral y porcentaje de vacíos llenos con asfalto.  
Material de carpeta / material tomado en planta.**

estación	78+700 (1) PLANTA	BACHEO (2) PLANTA	(2) PLANTA	DISEÑO
asf. twm (%)	6,34	7,31	7,00	6,45
G s mezcla	2,174	2,142	2,234	2,160
G s agregado	2,326	2,326	2,326	2,326
% vacíos	1,70	3,50	3,60	3,20
VMA (%)	12,5	14,6	10,7	15,70
VFA (%)	66,4	76,1	66,3	79,6

La gravedad específica del agregado es 2,326 (según datos del diseño de mezcla).

VMA =  $[1 - \text{porcentaje por peso de agregado} * \text{gravedad específica mezcla} / \text{gravedad específica del agregado}] * 100$

VFA =  $[(\text{VMA} - \text{contenido de vacíos}) / \text{VMA}] * 100$

un contenido de asfalto bajo (62,2 %), que evidencia tendencia al desarrollo de roderas por deformación plástica excesiva.

#### **4-1-1-7-2. Relación polvo-asfalto<sup>2</sup> (Tabla No. 1)**

El FP-92 establece que la relación polvo-asfalto de un material bituminoso a utilizar como carpeta en un pavimento debe estar entre 0,6 y 1,3. Para el diseño de mezcla correspondiente se ha obtenido una razón polvo-asfalto de 0,57, que está por debajo del mínimo sugerido. Sin embargo, la totalidad de las muestras de sitio presentan una relación polvo-asfalto superior al máximo de 1,3 recomendado. La muestra de planta No. 2 (0,48) presenta una relación polvo-asfalto por debajo del mínimo requerido (0,6). El resto de las muestras (No. 1 y 3 de planta) sí presentan una relación polvo-asfalto adecuada.

La consecuencia de una relación polvo-asfalto elevada es la dificultad del asfalto para lograr aglutinar el exceso de finos, que se puede asociar con tendencia al desnudamiento (muestras de planta). La consecuencia de una relación polvo-asfalto baja es el exceso de ligante, con una baja resistencia de la mezcla y tendencia a la exhudación.

#### **4-1-2. Agregados (Tabla No. 1)**

##### **4-1-2-1. Granulometría en agregados extraídos de la mezcla asfáltica (Tabla No.1).**

Para la revisión de cada caso particular de granulometría se considera inicialmente la idoneidad de la estructura del agregado con respecto a las especificaciones técnicas y posteriormente se hace la revisión de acuerdo con las tolerancias absolutas correspondientes.

Las curvas granulométricas que se presentan en el CR-77 han sido determinadas empíricamente, de manera que tales estructuras de agregado permiten la optimización de las propiedades de estabilidad y durabilidad, a partir de contenidos de vacíos que no presentan la tendencia a la exhudación o a la formación de roderas (3 a 5 %). El

---

<sup>2</sup> Este parámetro no está especificado en las normas costarricenses, sin embargo, dado que es de importancia para la evaluación de la condición de la mezcla asfáltica se ha incluido en este informe.

incumplimiento en las especificaciones de granulometría del agregado en mezclas asfálticas tiene como consecuencia la dificultad de lograr un diseño óptimo de mezcla que satisfaga todos los requerimientos establecidos.

La violación de los rangos de tolerancia en las curvas granulométricas tiene como consecuencia directa un cambio significativo en las propiedades la mezcla, dado que el diseño corresponde a un material significativamente diferente al que realmente se está utilizando. Por lo tanto, una mezcla que presente cambios sustanciales en su granulometría con respecto al diseño de mezcla presenta un impedimento para lograr una similitud de propiedades con respecto a las condiciones óptimas (diseño de mezcla). Al alterarse la granulometría de una mezcla, por incumplimiento de las tolerancias técnicas, no hay garantía de que utilizando el contenido óptimo de asfalto se logre alcanzar ni el contenido óptimo de vacíos, ni las propiedades óptimas de estabilidad y flujo, ni el nivel de compactación requerido, ni las propiedades retenidas al condicionar la mezcla con humedad (estabilidad y resistencia retenidas).

En síntesis, la variación en la estructura granulométrica del agregado de la mezcla está altamente correlacionada con la alteración de las propiedades de la mezcla, a pesar de que las restantes condiciones (contenido de asfalto y contenido de vacíos) logren reflejar las propiedades del diseño de mezcla.

Adicionalmente, un exceso de material fino (material pasando las mallas No. 50, 100 y 200) está directamente relacionado con la pérdida de capacidad de resistencia a la fatiga y a la formación de roderas de la mezcla, dado que disminuye su módulo de rigidez. También, el exceso de finos determina que una mayor cantidad de asfalto sea requerida para lograr aglutinar los agregados, lo cual incrementa la demanda de asfalto, incrementando costos a la vez que se deteriora la calidad de la mezcla.

De acuerdo con las especificaciones técnicas, las deficiencias en las muestras presentadas son:

a) Contenido alto de material pasando la malla No. 200 para las muestras de sitio, dado que en el caso de las muestras No. 1 y No. 3 de sitio se está excediendo el máximo especificado de 8 % pasando la malla No. 200 (9,2 y 10,3 % respectivamente).

b) Porcentaje bajo pasando la malla No. 50, para la muestra No. 2 de planta (10%).

c) Porcentaje alto pasando la malla No. 8, para la muestra No. 1 de sitio (51 %).

De acuerdo con las tolerancias (en términos absolutos), existen deficiencias en todos los tamaños de material más pequeño que el retenido en la malla de 9,5 mm. Ninguna muestra llega a cumplir a cabalidad con las tolerancias, ya que por lo menos en un tamaño de agregado presentan deficiencias significativas. Se presenta, además, bastante variabilidad en cuanto a granulometría, sin que haya diferencias evidentes entre los dos tipos de muestras (sitio y planta), aparte del mencionado mayor contenido de material pasando la malla No. 200 en el caso de las muestras de sitio.

De acuerdo con el gráfico de clasificación de mezclas asfálticas del Instituto del Asfalto<sup>3</sup>, el diseño de mezcla (3,7 % pasando la malla No. 200 y 44,0 % pasando la malla No. 8) se ubica dentro de la zona aceptable de mezclas para capas de superficie y nivelación.

De acuerdo con el gráfico de clasificación de mezclas asfálticas para pavimentos del Instituto del Asfalto (SS-1), para un porcentaje de material pasando la malla No. 200 de 8,7 % (promedio de todas las muestras de sitio) y un porcentaje pasando la malla No. 8 de 47,0 % (promedio para todas las muestras de sitio), la granulometría se ubica dentro de la zona crítica, por lo que de acuerdo con el Instituto del Asfalto "no debe emplearse el contenido de polvo correspondiente a esta región sin un conocimiento completo de este tipo de mezclas y/o adecuada justificación por ensayos de proyecto de laboratorio" (Instituto del Asfalto, SS-1).

De acuerdo con el mismo gráfico arriba mencionado, un porcentaje de material pasando la malla No. 200 de 5,0 % (promedio de todas las muestras de planta) y un porcentaje pasando la malla No. 8 de 38,6 %, (promedio de todas las muestras de planta) ubica la graduación en la zona aceptable de mezclas para capas de superficie y nivelación.

---

<sup>3</sup> Este criterio considera los porcentajes pasando las mallas No. 8 y No. 200, de manera que define una zona de aceptación para ambos. Dicho criterio ha sido sustituido recientemente por las curvas de graduación de FP y por los nuevos criterios SUPERPAVE (puntos de control y zona crítica), pero aún sirve como complemento del análisis de la estructura granulométrica de una mezcla. Instituto del Asfalto, Specifications and Constructions Methods for Asphalt Concrete, SS-1, 1962.

#### **4-1-2-2. Pruebas realizadas en el agregado vírgen (Tabla No. 1)**

El agregado virgen presenta un porcentaje de abrasión tolerable dentro de las especificaciones (25,1 % para la fracción más gruesa y 27,2 % para la fracción intermedia), siendo inferiores al máximo porcentaje de abrasión especificado en el código CR-77 (40 %). El agregado fino no presenta plasticidad, lo cual es indicativo de la no presencia de material arcilloso-limoso que afectaría la calidad de la muestra. La prueba de cubicidad (Anexo III) en el agregado grueso arroja un resultado de 100 % del material con una relación de su dimensión mayor a su dimensión menor inferior a 5. De no contar con más de 10 % de agregados gruesos alargados (relación de dimensiones mayor a menor de 5 o más), los cuales son quebradizos y afectan la resistencia de la mezcla al agrietamiento por fatiga.

#### **5- Discusión de pruebas realizadas en el ligante asfáltico.**

Los resultados de las pruebas realizadas en el ligante asfáltico se presentan en la Tabla No. 2. Debe tenerse presente que se realizaron pruebas en las siguientes tres diferentes etapas del proceso constructivo:

- A) Asfalto del tanque de almacenamiento de la planta.
- B) Asfalto extraído de la muestra de mezcla tomada en el sitio del proyecto, previo a su colocación y compactación.
- C) Asfalto extraído de la muestra de mezcla tomada en el sitio del proyecto, posterior a su colocación, compactación y algún período de operación.

#### **5-1. Evaluación de la muestra de asfalto de planta No. 2.**

Como puede observarse en la Tabla No. 2, la muestra No. 2 tomada del tanque de la planta, no pudo ser analizada. La razón es que ésta se comporta irregularmente al ser calentada, ya que al alcanzar temperaturas superiores a 60°C, comienza a hervir y a salpicar el recipiente.

Con el propósito de obtener información acerca de la presencia de sustancias contaminantes en la muestra de asfalto, se procedió a realizar una evaluación preliminar. Para ello se estableció un procedimiento para eliminar las sustancias extrañas en el asfalto

y poder realizar las pruebas correspondientes. Debe tenerse presente que el tratamiento de la muestra, previo al análisis correspondiente, se hace con el propósito de realizar las pruebas y comparar sus resultados con los de las muestras de tanque No. 1 y 3; sin embargo, es evidente que la muestra No. 2 del tanque de la planta no pudo ser analizada en su estado original.

#### **5-1-1. Observación y contenido de agua de la muestra de asfalto No.2 del tanque.**

La muestra No. 2, obtenida del tanque de almacenamiento de la planta y envasada en un recipiente metálico cerrado, fue abierta el 17 de enero de 1997 y se observó una serie de burbujas en la superficie, lo cual hizo pensar en la presencia de una sustancia extraña en el ligante asfáltico (ver fotografías a color en pp. 19 a 21).

Posteriormente se procedió a calentar la muestra cerrada en un horno a 80°C, por un lapso suficiente para lograr una consistencia tal que permitiera separar una muestra significativa del asfalto. Se realizó la prueba de contenido de agua en la muestra extraída (ASTM D95), dando como resultado un 0,6 %  $\pm$  0,1 %. La prueba de densidad a 25°C (ASTM D70) fue realizada, también, dando como resultado 1,0256  $\pm$  g/cm<sup>3</sup>. De acuerdo con AASHTO M-20, un asfalto que contiene agua no puede ser sometido a las pruebas de aceptación, dado que es considerado inaceptable por el solo hecho de contener agua.

#### **5-1-2. Descripción del proceso de calentamiento de la muestra a diferentes temperaturas.**

La muestra No. 2 del tanque fue calentada, observándose el siguiente comportamiento a diferentes temperaturas:

- \* A 25°C no ocurre nada, pero a 60°C se comienzan a formar burbujas.
- \* A 110°C la superficie se llena de burbujas, que comienzan a reventar después de los 120°C.
- \* A los 174°C la muestra se halla en estado de ebullición y salpica el recipiente.

No fue posible realizar el moldeo de las muestras para penetración y ductilidad en la muestra No. 2, dada la formación de efervescencia en el material. Tampoco se pudo determinar la viscosidad cinemática a 135°C, dado que al calentar la muestra a tal temperatura por 10 minutos, se salpicó el capilar del viscosímetro.

**5-1-3. Pruebas de caracterización en muestra No. 2 del tanque previamente tratada.**

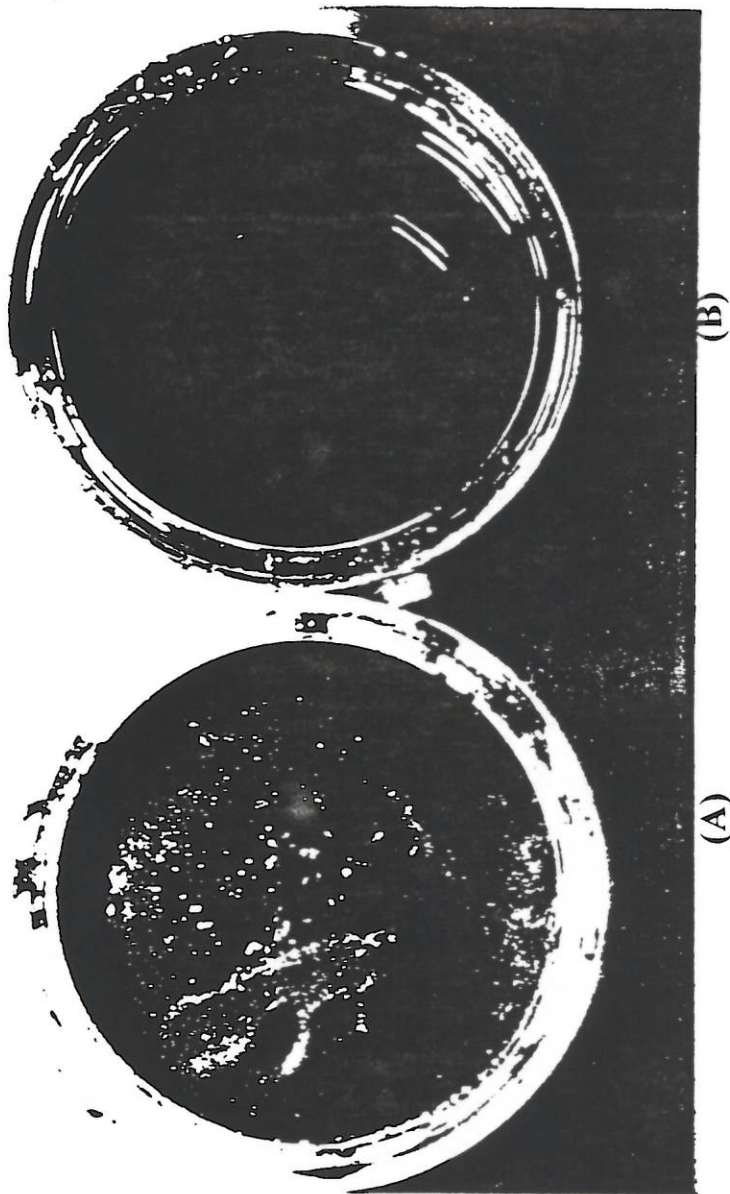
Para poder realizar las pruebas de caracterización solicitadas, se sometió la muestra No. 2 a un calentamiento en un horno a 120° C por 18 horas, con el fin de eliminar toda sustancia volátil distinta del asfalto.

Debe tenerse presente que los resultados obtenidos no reflejan las condiciones de la muestra No. 2, que aparenta estar contaminada fundamentalmente con agua. Sin embargo, son útiles para su comparación con los resultados de las muestras No. 1 y 3, que sí pudieron ser caracterizadas de la manera usual.

Los resultados de la muestra No. 2 tratada se presentan en la Tabla No. 5.



FOTO No. 1

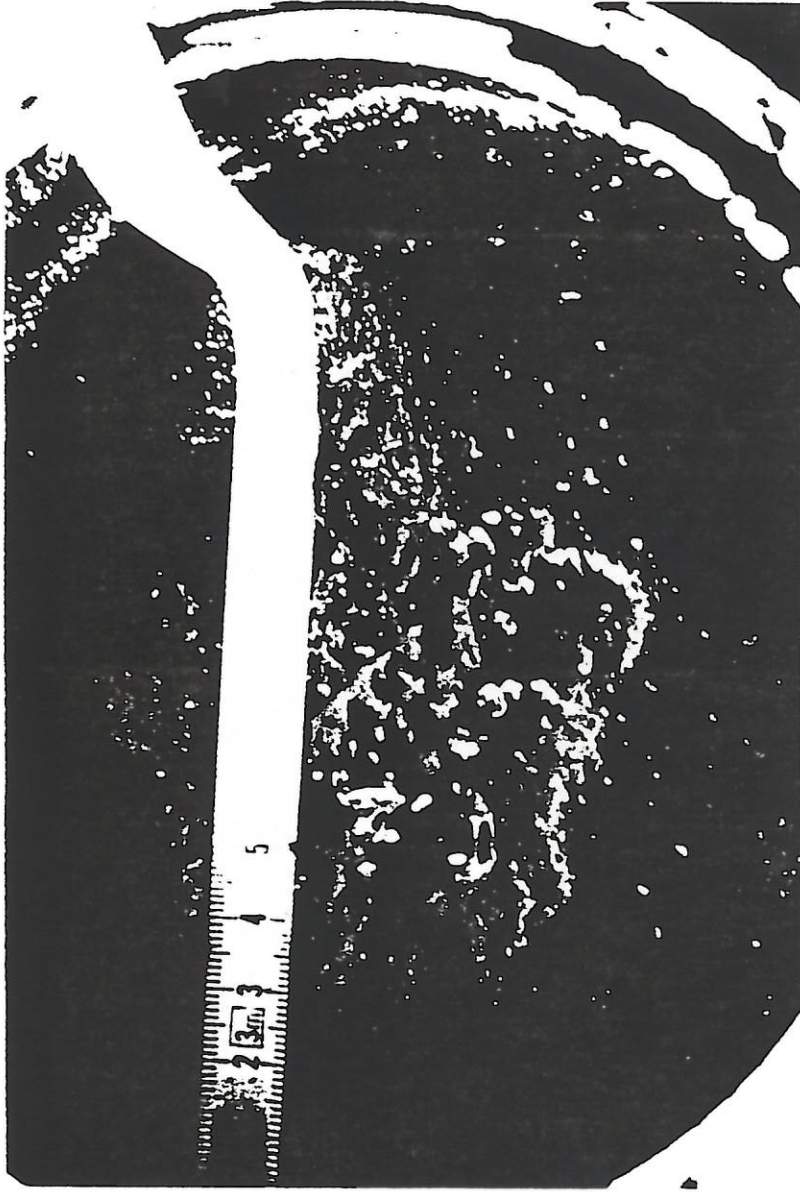


Muestra de asfalto No. 2, tomada del tanque de almacenamiento.

(A) Asfalto tomado del tanque de planta del contratista.

(B) Asfalto tomado de tanque de almacenamiento de asfalto para la venta (referencia de RECOPE).  
Observaciones: se observa la superficie del asfalto (A) saturada de burbujas, lo cual contrasta con la superficie lisa y de color negro de la muestra (B). Identica situación fue observada en el tanque de almacenamiento de asfalto de la planta.

FOTO No. 2



(A)

Muestra de asfalto No. 2, tomada del tanque de almacenamiento del contratista.

Toma fotográfica de la muestra de asfalto No. 2.

Esta fotografía es tomada más próxima al lente de la cámara.

La cinta métrica permite una estimación del diámetro de las burbujas.

FOTO No. 3



(A)

Muestra de asfalto No. 2, tomada del tanque de almacenamiento del contratista.

Toma fotográfica de la muestra de asfalto No. 2.

Esta fotografía es tomada más próxima a la lente de la cámara que la foto No. 2 de la misma muestra.

Tabla No. 5. Resultados de los análisis realizados a la muestra No. 2 de asfalto del tanque de la planta modificada de acuerdo con Sección No. 5-1.

Proyecto Taras - La Georgina.

	AASHTO	Muestra No. 2 del tanque - modificada	ESPECS. MEIC	ESPECS. AASHTO M-20 (1)
FECHA DEL MUESTREO	-----	9/06/96		
ESTACIONAMIENTO	-----	planta		
PENETRACION (1/10 mm (1/10 mm) (2)	D - 49	99	80-100	85-100
DUCTILIDAD A 25°C (cm)	D - 51	>100	> 100	> 100
VISCOSIDAD ABSOLUTA A 60°C (Poises)	D2171 (ASTM)	1930	-----	-----
PERDIDA EN PELICULA DELGADA (%)	T - 179	0,83	< 1.0 %	< 1.0 %
PENETRACION DEL RESIDUO (1/10 mm)	T - 49	53	-----	min. 50 % de original
DUCTILIDAD DEL RESIDUO A 25°C (cm)	T - 51	>100	-----	> 75
VISCOSIDAD ABSOLUTA DEL RESIDUO A 60°C (Poises)	D2171 (ASTM)	5550	-----	-----
RAZON VISCOSIDAD ABS. DEL RESIDUO A VISCOSI- DAD ABS. ORIGINAL	-----	2,88	-----	menor a 3, según Inst. del Asfalto
CONTENIDO DE CENIZA (%) LUEGO DE EXTRACCION DE BITUMEN	-----	-----	-----	< 1,0 % (ASTM)

Notas: (1) Las especificaciones ASTM son iguales a las AASHTO, exceptuando la penetración del residuo de la prueba de pérdida de peso por calentamiento, que debe ser superior al 47 %.

(2) La penetración a 25° C del asfalto extraído, tanto de sitio como de planta, han sido modificadas por un factor de corrección de 0,84. Las viscosidades absolutas a 60°C del asfalto extraído, tanto de sitio como de planta han sido modificadas por un factor de corrección de 0,68. Dichos factores han sido determinados por el LANAME a partir de pruebas de simulación del proceso de extracción en asfaltos de viscosidad conocida. La prueba realizada consistió en la determinación de la viscosidad absoluta en una muestra de asfalto virgen, para posteriormente simular el proceso de separación de tal asfalto y el tricloroetileno, estableciendo un factor de corrección que minimiza el efecto contaminante del tricloroetileno sobre el asfalto.

## **5-2. Consistencia (Tabla No. 2).**

### **5-2-1. Cumplimiento de especificaciones (asfalto del tanque).**

La penetración a 25°C de las muestras No. 1 y 3 de ligante asfáltico tomadas del tanque de almacenamiento de la planta (87 y 94 décimas de milímetro) están dentro del rango especificado por la normativa nacional (decreto ejecutivo No. 15993 del 14 de febrero de 1985), de 80 a 100 décimas de milímetro. Las penetraciones también están dentro del rango de 85 a 100 décimas de milímetro, lo cual es requerido por AASHTO M-20 para poder ser catalogado como asfalto 85-100. La muestra No. 2 no cumple con especificaciones, al no poder realizarse la prueba en la muestra en su estado original.

La penetración del residuo de la prueba de pérdida de masa por calentamiento en el horno de película delgada, para las muestras No. 1 y 3, está dentro de las especificaciones AASHTO y ASTM. En el caso de la muestra No. 1, la penetración del residuo es 55 (63,2 % con respecto a la penetración original), mientras que en el caso de la muestra No. 2, la penetración del residuo es 63 (67,0 %). La norma AASHTO requiere un mínimo del 50 % de la penetración original, mientras que la ASTM establece un mínimo del 47 % de tal penetración.

La viscosidad absoluta a 60°C para ambas muestras (No. 1 y 3) cae dentro del rango normal para un asfalto de tipo AC-20. La razón de la viscosidad absoluta a 60°C para el residuo de la pérdida de peso por calentamiento relacionada con la viscosidad absoluta a 60°C del ligante asfáltico original, cumple con la recomendación de no superar el valor de 3 (Instituto del Asfalto), ya que es 2,58 para la muestra No. 1 y 2,40 para la muestra No. 3.

### **5-2-2. Evaluación de prueba de consistencia en el ligante asfáltico extraído.**

La penetración en el asfalto extraído de la mezcla previo a su colocación y compactación, presenta valores de penetración dentro del rango de 33 (muestra No. 2) a 56 décimas de milímetro (muestra No. 1). Dichos valores de penetración deberían corresponder a la penetración del asfalto nuevo envejecido por medio del horno de película delgada, cuyo propósito es simular las condiciones normales de oxidación del asfalto durante la operación de mezclado en la planta central. Sin embargo, la

penetración de los residuos de la prueba de pérdida de peso por calentamiento en el horno de película delgada fueron 55 (muestra No. 1) y 63 décimas de milímetro (muestra No. 3). De esta forma, es posible apreciar un nivel de oxidación elevado en el asfalto extraído de las muestras previo a su colocación.

La penetración en el ligante extraído de la mezcla colocada y compactada en sitio, toma valores tan bajos como 26 décimas de milímetro (muestra No. 2 de sitio), alcanzando un máximo de 45 décimas de milímetro (muestra No. 3 de sitio). Dicha reducción en la penetración del asfalto se debe al proceso de oxidación ocurrido tanto durante la operación de mezclado en planta central, como al transporte, colocación y compactación de la mezcla. Al realizar la prueba de contenido de ceniza en el asfalto extraído, se obtuvieron residuos en la mayoría de los casos menores de 1,00 % (requisito para garantizar la veracidad de los resultados de las pruebas de consistencia, de acuerdo con la metodología de la ASTM), exceptuando la muestra No. 2 del asfalto extraído en sitio (1,50 %), por lo que una probable causa adicional de las bajas penetraciones en tal muestra es el nivel de material fino en suspensión en el asfalto (evidenciado por su alto contenido de ceniza).

La penetración del ligante extraído de la mezcla previo a la colocación y la penetración del ligante extraído de la mezcla posterior a su colocación y compactación (Tabla No. 2), son significativamente diferentes. Dicha diferencia viene a evidenciar los efectos de la oxidación en el asfalto, asociados con las operaciones de colocación y compactación. La viscosidad absoluta a 60°C del asfalto extraído de la mezcla previo a su colocación y compactación, es de 5600 Poises para la muestra No. 1, 8700 para la muestra No. 3 y 44000 Poises para la muestra No. 2. (mezcla procesada en planta el mismo día en que se detectó contaminación del tanque, 6/9/96). Considerando que la viscosidad absoluta a 60°C del residuo de la prueba de pérdida de peso por calentamiento en el horno de película delgada, para el asfalto de los tanques, se ubica dentro del rango de 4900 a 5800 Poises; es evidente que el nivel de oxidación alcanzado por el asfalto es excesivamente elevado, dado que la prueba del horno de película delgada simula los niveles esperados de oxidación durante el mezclado.

La viscosidad absoluta a 60°C del asfalto extraído de la mezcla ya colocada y compactada es de 8200 Poises para la muestra No. 3, mientras que en el caso de las muestras No. 1 y No. 2 fue tan elevada que no se pudo medir. Dicho comportamiento está de acuerdo con los resultados de penetración obtenidos que evidencian un alto nivel de oxidación.

### **5-3. Ductilidad (Tabla No. 2).**

Las muestras de asfalto tomadas del tanque de la planta (No. 1 y 3) presentan ductilidades superiores a los 100 cm, siendo satisfactorias desde el punto de vista de las especificaciones de la AASHTO y la normativa nacional. La muestra No. 2 no cumplió con las especificaciones, dado que en su estado original no pudo ser analizada.

Las muestras No. 1 y 3 de ligante extraído de la mezcla previo a su colocación presentaron una ductilidad satisfactoria, ya que los respectivos valores son superiores a los 100 cm. La muestra No. 2 (ligante extraído) presentó una ductilidad de 16 cm, lo cual es un indicativo de la rigidez del material.

La muestra No. 3 del ligante extraído posterior a la colocación y compactación presenta una ductilidad superior a 100 cm, pero las muestras No. 1 y 2 no pudieron ser analizadas de acuerdo con este criterio, ya que presentaron una falla frágil en forma prematura, durante la prueba de ductilidad. Este incumplimiento del requisito de ductilidad es indicativo de la rigidez excesiva del asfalto extraído de la mezcla tomada en sitio, lo cual está de acuerdo con la posibilidad de que exista un proceso de oxidación excesivo en la planta mezcladora.

### **5-4. Pérdida de peso por calentamiento en el horno de película delgada (asfalto del tanque de almacenamiento, Tabla No. 2).**

Las normas de la AASHTO M-20 y la normativa nacional fijan un límite de 0,1 % en la pérdida por calentamiento en el horno de película delgada, lo cual se cumple en el caso de las muestras No. 1 y 3 del tanque de la planta. La muestra No. 2 no cumple con este requisito, dado que en su estado original no permitió la realización de esta prueba.

Debe destacarse que en las especificaciones especiales de este proyecto se reduce el límite de la pérdida por calentamiento a 0,5 %, lo cual no se cumple en ninguna de las muestras del tanque analizado.

#### **5-5. Resultados de pruebas de caracterización en muestra No. 2 del tanque de la planta tratada (Tabla No. 5).**

Los resultados descritos en la Tabla No. 5, correspondientes a la muestra No. 2 del tanque de la planta, pero tratada de acuerdo con el procedimiento descrito en la Sección 5-1-3, son similares a los resultados de las muestras No. 1 y 3 del tanque de la planta, evidenciando que la sustancia contaminante es de naturaleza volátil.

#### **5-6. Evaluación de la calidad del ligante asfáltico.**

Hay evidencia de la presencia de un material contaminante en el asfalto (muestra No. 2 del tanque), el cual influye directamente en la calidad del mismo. El hecho de que sólo fue posible realizar una separación parcial de tal material, por medio de calentamiento a 120°C por 18 horas, hace pensar que tal material puede permanecer en el ligante durante y después del proceso de mezcla, influyendo sobre la consistencia del ligante y sobre la adherencia asfalto - agregado (puede determinar muestras susceptibles al desnudamiento), ya que es un material extraño, no cementante y que va a cubrir los agregados junto al asfalto.

Hay evidencia, en las muestras de asfalto analizadas, que durante el proceso de mezcla en la planta, se está dando un proceso de oxidación muy severo, que va a generar mezclas más rígidas y con mayor propensión al agrietamiento, tanto por fatiga como por cambios térmicos. La oxidación en el ligante influye en la efectividad del proceso de compactación de la mezcla (la reduce), determinando también, un alto nivel de vacíos en sitio.

A pesar de que la evidencia de un proceso de oxidación exagerado durante las operaciones de colocación y compactación, no es tan significativa como en el caso del proceso de mezclado en caliente, es claro que hay oxidación del ligante en esta etapa.



La baja ductilidad encontrada en la muestra No. 2 del asfalto extraído en la mezcla previo a la colocación y compactación, confirma el nivel de oxidación del ligante, que evidencia una rigidez excesiva. Las muestras No. 1 y 2 del asfalto extraído en la mezcla posterior a la colocación y compactación no pudieron ser analizadas de acuerdo con el criterio de ductilidad, dado que presentan una alta rigidez, producto del nivel de oxidación en la misma.

El porcentaje de pérdida de peso en la prueba del horno de película delgada (muestras No. 1 y 3) es satisfactorio de acuerdo con las normas AASHTO y la normativa nacional (máximo de 1,00 %); sin embargo, es superior al estipulado en las especificaciones especiales (0,5 %).

## **6. Correlación de resultados de laboratorio con evaluación visual de las muestras.**

A continuación se presenta un resumen de las condiciones encontradas en las cercanías de los puntos de donde se extrajeron muestras para ser analizadas en el laboratorio, incluyendo los resultados de la prueba de vacíos en sitio, determinados por medio de un densímetro nuclear Troxler<sup>4</sup> y con el detalle de los resultados presentado en el Anexo I. Debe tenerse presente que las mediciones de densidad TROXLER se tomaron varios meses después que las densidades para cálculo de vacíos en muestra inalterada. Por lo tanto, es de esperar mayor compactación, asociada a la eventual formación de roderas.

### **6-1. Estación 79+000.**

La mezcla es densa. En la carpeta se pueden apreciar algunos desprendimientos de agregados de la superficie. Dicho problema se asocia, probablemente, con la adherencia de tales partículas de agregado al rodillo durante la etapa constructiva.

---

<sup>4</sup> Las muestras tomadas para la determinación de vacíos en muestra inalterada en el laboratorio fueron extraídas usualmente de la huella, esperándose un mayor nivel de compactación por efecto de las cargas de tránsito y por lo tanto, una menor densidad.

Se presenta un hundimiento en el centro del carril, el cual no luce como una rodera, sino que parece estar relacionado con un problema de estabilidad en las capas inferiores (capas granulares o sub-rasante). En el centro de la carretera, la unión de la carpeta de ambos carriles presenta una diferencia de nivel con respecto al resto de la carretera, es decir, se ha hundido, posiblemente posiblemente a un sobre-esfuerzo de compactación al empatar la carpeta en los dos sentidos, asociado con un problema de inestabilidad en las capas inferiores.

No hay evidencia de desnudamiento, a pesar de que la deficiencia referente a los desprendimientos de agregados de la carpeta puede acelerar la ocurrencia de tal fenómeno al permitir la infiltración del agua. No hay fisuras, ni grietas. No se ha presentado exhudación de asfalto.

Es posible observar la presencia de humedad brotando de la carpeta, lo cual sugiere que hay "pumping". El contenido de humedad promedio es 8,2 % (Anexo I).

Adicionalmente, hay evidencia de una carencia de energía de compactación en las inmediaciones de la muestra tomada (huella), dado que el porcentaje de compactación determinado por medio del densímetro nuclear es 92 %. Es decir, existe un 8 % de vacíos en sitio, que viene a confirmar el problema de exceso de vacíos en sitio determinado al tomar la densidad en la mezcla inalterada (Tabla No. 1).

#### **6-2. Estación 82+000.**

En este punto la mezcla luce un poco más abierta que en el caso anterior (estación 79+000), aparentando tener un agregado más grueso.

La mezcla de esta zona presenta el mismo problema de desprendimiento de agregados de la superficie que se presentó en la estación evaluada anteriormente. También, se puede apreciar un exceso de humedad (10,9 %, según determinación del densímetro nuclear), que brota de la carpeta.

Hay múltiples desprendimientos de agregados en la superficie, lo cual está de acuerdo con la tendencia de la muestra a presentar desnudamiento (baja resistencia retenida). Los desprendimientos son casi generalizados sobre la huella del carril

muestreado (dirección hacia San Isidro del General). A 20 m al sur del punto muestreado se presenta un bache en formación.

Hay un hundimiento en el carril en dirección a San Isidro del General, que parece asociarse también a inestabilidad de las capas inferiores de la estructura del pavimento.

No se han formado ni roderas ni hundimientos, ni hay fisuras ni grietas sobre la carpeta. No se ha producido exhudación de asfalto apreciable.

La compactación determinada por medio del densímetro nuclear es 90 % (Anexo III), lo cual implica un 10 % de vacíos. Tal contenido de vacíos en sitio es inaceptable, dado que favorece la formación de roderas (el máximo contenido de vacíos tolerable es 5 %).

### **6-3. Estación 84+500.**

La mezcla aparenta tener una similar graduación que la de la estación 82+000. Esto en el sentido de que ambas lucen un poco más abiertas que la graduación de la estación 79+000.

En esta zona se vuelve a presentar el problema de desprendimientos de agregados de la carpeta. También, se presentan desprendimientos superficiales en forma abundante, aunque sin alcanzar todavía una severidad alta. Hay varios baches en formación.

No hay roderas ni hundimientos. No se han presentado ni fisuras, ni grietas, ni exhudación de asfalto.

Al igual que en todas las demás estaciones muestreadas, existe un exceso de humedad que brota de la carpeta. Hay un 10,4 % de humedad en la zona muestreada, de acuerdo con las mediciones del densímetro nuclear Troxler.

Aproximadamente 600 metros al norte de la zona muestreada se presenta un hundimiento asociado con un desprendimiento, dando forma a un bache circular de 50 cm de diámetro.

El porcentaje de compactación determinado por medio de las mediciones del densímetro nuclear es 90 %, que se asocia con un 10 % de vacíos en sitio. Tal nivel de vacíos determina la susceptibilidad de la mezcla a experimentar formación de roderas,

que puede incluso ser más grave al asociarse con una aparente inestabilidad de las capas inferiores (posible causa de una serie de hundimientos en la carretera).

### **7- Evaluación integral de las pruebas realizadas.**

Debe tenerse presente que la evaluación de las mezclas asfálticas se refiere específicamente a las muestras tomadas. Los resultados, por lo tanto, reflejan valores puntuales en sitios específicos del proyecto.

Los tres problemas principales encontrados en las muestras analizadas son: a) carencia de compactación de la mezcla en sitio, b) tendencia de la mezcla a experimentar desnudamiento y c) variaciones significativas en el contenido de asfalto y graduación del diseño de mezcla, que determinan valores fuera de los rangos de tolerancia.

La carencia de compactación en la carpeta se asocia con el problema de humedad en la zona, lo cual facilita el proceso de bombeo de finos de las capas inferiores ("pumping"). De esta forma, la humedad no sólo va zocavando el material de las capas inferiores (acarreado los finos hacia la superficie), sino que también, dada la tendencia de la mezcla asfáltica a experimentar desnudamiento (baja resistencia retenida), la humedad va desintegrando la mezcla (lo cual ya ha empezado a ocurrir). Además, existe el agravante de que hubo desprendimiento de agregados de la superficie del pavimento durante la etapa constructiva (posiblemente por compactar a temperaturas relativamente bajas), lo cual facilita la entrada del agua a la estructura del pavimento.

El ligante asfáltico presenta evidencias de contaminación (muestra No. 2 tomada del tanque), lo cual influye directamente sobre la calidad de la adherencia agregado-asfalto. Esta puede ser una de las causas de la tendencia de la mezcla a experimentar desnudamiento, dado que al no haber buena adherencia agregado-asfalto, es más fácil para el agua romper tal ligamen. También, la relación polvo-asfalto es elevada (muestras tomadas en sitio), lo cual determina la dificultad del ligante para aglutinar los agregados, facilitando el efecto desintegrador del agua.

No sólo hay base para pensar en un problema generalizado de desnudamiento y desintegración del material de la carpeta en el corto plazo, sino que también se ha encontrado que el asfalto ha sufrido un proceso severo de oxidación en el proceso de

mezcla en la planta asfáltica, lo cual determina una alta viscosidad y una baja ductilidad en el asfalto, con la consecuente rigidez en la mezcla y la reducción de la vida útil del pavimento por resistencia a la fatiga y al agrietamiento por cambios térmicos.

El exceso de vacíos en sitio posiblemente determinará en el corto plazo la formación de roderas. La carencia de compactación puede deberse a varios motivos: a) falta de energía de compactación y/o temperaturas de compactación elevadas, b) la oxidación en el ligante y el exceso de material fino (pasando la malla No. 200) determinan una mezcla más rígida y difícil de compactar, y/o c) problemas de estabilidad en las capas inferiores (como ha sido puesto en evidencia por la presencia de hundimientos generalizados a lo largo del proyecto). Además de presentar deficiencias en una serie de tamaños (incumplimiento de tolerancias), la granulometría de las muestras presenta un exceso de finos, que asociada con la carencia de asfalto en algunos casos, aumenta la susceptibilidad de la mezcla al desnudamiento. Una deficiencia en la granulometría es de por sí un problema serio, ya que representa la imposibilidad de que las condiciones óptimas del diseño de mezcla se den en la obra construída.

Como consecuencia de las deficiencias encontradas, es posible anticipar una sensible reducción de la vida útil del pavimento, máxime el alto nivel de humedad de la zona. Así, en un plazo relativamente corto es de esperar un avanzado nivel de desintegración del material de la carpeta (baches), aunado a la zocavación del material de las capas inferiores (bombeo de finos), así como formación de fisuras por cambios térmicos y cargas de tránsito en forma prematura (dada la rigidez de la mezcla), y formación de roderas sobre las huellas del pavimento.

#### **8 - Recomendaciones.**

\* Garantizar que los agregados no presenten un exceso de material fino, que tiende a rigidizar el ligante y a incrementar la estabilidad de la muestra. Realizar la prueba del hidrómetro en el agregado y asegurarse que los agregados sean debidamente lavados, para evitar la presencia de material de origen térreo.

\* Contar con un proceso de monitoreo continuo del nivel de vacíos en sitio, verificando que el nivel de compactación en sitio sea igual o superior al 95 %. Dicho monitoreo puede ser realizado fácilmente por medio de un densímetro nuclear y debe ser tanto a nivel de carpeta como a nivel de la construcción de la estructura preliminar (compactación de la sub-rasante, especialmente en caso de relleno, compactación de la sub-base y compactación de la base).

\* Incluir los criterios de vacíos llenos con asfalto (VFA) y vacíos en el agregado mineral (VMA), con el propósito de lograr una mayor confianza en la resistencia a la formación de roderas y a la exhudación de las mezclas.

\* Aumentar a 75 % el valor especificado de resistencia retenida, con la intención de garantizar una adecuada resistencia al desnudamiento.

\* Incorporar mayor cantidad de pruebas para agregados, previo al diseño de mezcla, incluyendo las pruebas de equivalente de arena, caras fracturadas, elongación y disgregabilidad.

\* Para el caso en que fuese necesario utilizar relleno mineral como aditivo, debería probarse su eficacia en el laboratorio, previo a su aplicación.

\* Cuando se utilice un agente anti-desnudamiento, debe considerarse su aporte a la granulometría de la estructura del agregado, teniendo especial cuidado en la no excedencia del porcentaje de material pasando la malla No. 200.

\* Incluir flujo y relación polvo-asfalto dentro de las especificaciones

\* Realizar un monitoreo de la calidad de los materiales utilizados en las capas de base y sub-base, así como de su porcentaje de compactación.

\* Verificar que las especificaciones especiales incluyan solo parámetros que el contratista pueda controlar, como es el caso de la mezcla y no del ligante en sí. La especificación en este proyecto de que la pérdida por calentamiento en el ligante fuera menor del 0,5 % no es realista, ya que el contratista sólo tiene acceso al ligante de RECOPE, que cumple con la normativa nacional de 1,0 % en este respecto.



**ANEXO I**  
**RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO**  
**A LAS MUESTRAS DE MEZCLA**





UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
 SECCIÓN DE ASFALTOS

**VACÍOS EN MUESTRA INALTERADA**

<b>Tabla A - 1</b>
<b>PROYECTO: TARAS - LA GEORGINA</b>

W SECO	W S.S.S	W SUM.	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	Gs	Gmt	VACIOS (%)	MUESTRA
1255,5	1283,1	674,8	608,3	2,064	2,268	8,99	No. 1 carpeta, Estación 79+000
1618,7	1648	850,5	797,5	2,03	2,225	9,61	No. 3 carpeta, Estación 84+500

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
 SECCIÓN ASFALTOS

ENSAYO DE ESTABILIDAD RETENIDA (MARSHALL)

Tabla A - 2		
PROYECTO:	TARAS - LA GEORGINA	
FECHA MUESTREO:	18/6/96	MUESTRA: #1, CARPETA
FECHA RESULTADOS:	21/8/96	ESTACION: 79 + 000
GOLPES/LADO:	75	ESPESOR: 7.8 - 8.4 cm.

GRAVEDAD ESPECIFICA MAXIMA TEORICA					
% ASF	W vidrio	W sec	Wrec/mat	Wrec call	GS MAX
	1341	3256	5256	11624	2,225

# Past.	GRUPO	W. SECO (g)	W. S.S.S (g)	W. SUM. (g)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	GRAY. ESPEC.	Gbs. máx teo.	VACIOS %	LECT. ANILLO (x 10 <sup>-1</sup> "	ESTAB. MEDIDA (Kg)	FACTOR CORREC.	ESTAB. CORREG. (Kg)	FLUJO (1/100")	FLUJO CORREG. (1/100cm)
1	A	1033,2	1035,0	553,5	481,5	2,146	2,225	3,5	236	1264,3	1,14	1441,3	7	18
2	G	1037,0	1038,1	554,8	483,3	2,146	2,225	3,6	213	1141,1	1,09	1243,8	10	25
3	U	1039,5	1041,1	563,8	477,3	2,178	2,225	2,1	260	1392,8	1,14	1587,8	17	43
4	A	1039,6	1041,2	559,9	481,3	2,160	2,225	2,9	184	985,7	1,14	1123,7	10	25
5	A	1041,2	1042,7	555,4	Promedios	2,157	2,225	3,0				1349,1		28
6	I	1035,1	1036,1	554,3	487,3	2,137	2,225	4,0	260	1392,8	1,09	1518,2	7	18
7	R	1037,7	1039,0	561,6	481,8	2,148	2,225	3,4	266	1425,0	1,14	1624,5	6	15
8	E	1038,4	1040,6	562,0	477,4	2,174	2,225	2,3	282	1509,4	1,14	1720,7	8	20
					478,6	2,170	2,225	2,5	230	1232,1	1,14	1404,6	6	15
					Promedios	2,157	2,225	3,0				1567,0		17

OBSERVACIONES:

Estab. Retenida (ER) %	86,1
------------------------	------

RR3

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
SECCION DE ASFALTOS

**ENSAYO DE RESISTENCIA RETENIDA**

Tabla A - 3			
PROYECTO:	TARAS - LA GEORGINA	MUESTRA:	#1, CARPETA
FECHA MUESTREO:	18/6/96	ESTACION:	79 + 000
FECHA RESULTADOS:	21/8/96	ESPESOR:	7.8 - 8.4 cm.

# PAST	GRUPO	W. SECO (g)	W. S.S.S. (g)	W. SUM (g)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	GRAY. ESPEC.	CARGA COMPRE (Lb)	CARGA COMPRE (kg)
1	AGUA	1676,4	1682,3	875,5	806,8	2,078	5600	2545,5
2	AGUA	1677,7	1683,4	882,2	801,2	2,094	5900	2681,8
3	AGUA	1676,6	1682,2	883,7	798,5	2,100	6200	2818,2
			PROMEDIOS		802,2	<b>2,091</b>		<b>2681,8</b>
4	AIRE	1676,4	1680,6	877,6	803,0	2,088	9000	4090,9
5	AIRE	1669,2	1673,9	877,3	796,6	2,095	8500	3863,6
6	AIRE	1675,6	1681,3	881,5	799,8	2,095	8300	3772,7
			PROMEDIOS		799,8	<b>2,093</b>		<b>3909,1</b>

<b>Resist. Retenida (RR) %</b>	<b>68,6</b>
--------------------------------	-------------

OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
SECCION DE ASFALTOS

**ENSAYO DE CONTENIDO DE ASFALTO Y GRADUACION DE LA EXTRACCION**

<b>Tabla A - 4</b>		
<b>PROYECTO: TARAS - LA GEORGINA</b>		
FECHA MUESTREO:	18/6/1996	MUESTRA: # 1, CARPETA
FECHA RESULTADOS:	21/8/1996	ESTACION 79 + 000
METODO:	REFLUX	ESPEJOR: 7.8 - 8.4 cm

*A. Contenido de asfalto, Ceniza y Agua*

% ASF total =	<b>6,12</b>
% ASF agreg =	<b>6,52</b>

% CENIZA =	<b>0,75</b>
------------	-------------

% AGUA =	<b>1,09</b>
----------	-------------

*B. Graduación de la extracción*

MALLA	% PAS. ACUMUL.	ESPECIF. GRAD B.
1"	<b>100</b>	-
3/4"	<b>100</b>	100
3/8"	<b>86</b>	70 - 90
#4	<b>66</b>	50 - 70
#8	<b>51</b>	35 - 50
#50	<b>21</b>	13 - 23
#200	<b>9,2</b>	3 - 8

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
SECCION DE ASFALTOS

ENSAYO DE RESISTENCIA RETENIDA

<i>Tabla A - 5</i>	
PROYECTO:	TARAS - LA GEORGINA
FECHA MUESTREO:	18/6/96
FECHA RESULTADOS:	21/8/96
MUESTRA:	#2, CARPETA
ESTACION:	82 + 000
ESPESOR:	6.5 - 7.0 cm.

# PAST	GRUPO	W. SECO (g)	W. S.S.S. (g)	W. SUM (g)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	GRAV. ESPEC.	CARGA COMPRESION (Lb)	CARGA COMPRESION (kg)
1	AGUA	1683,5	1693,3	880,4	812,9	2,071	5000	2272,7
2	AGUA	1678,1	1691,2	881,8	809,4	2,073	5200	2363,6
3	AGUA	1674,2	1690,3	885,5	804,8	2,080	5600	2545,5
		PROMEDIOS		809,0	2,075			2393,9

4	AIRE	1674,5	1685,6	877,0	808,6	2,071	9300	4227,3
5	AIRE	1681,5	1693	883,7	809,3	2,078	10200	4636,4
6	AIRE	1675,6	1688,8	882,5	806,3	2,078	9500	4318,2
		PROMEDIOS		808,1	2,076			4393,9

<b>Resist. Retenida (RR) %</b>	<b>54,5</b>
--------------------------------	-------------

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
SECCIÓN ASFALTOS

**ENSAYO DE ESTABILIDAD RETENIDA (MARSHALL)**

<b>Tabla A - 6</b>	
<b>PROYECTO:</b>	TARAS - LA GEORGINA
<b>FECHA MUESTREO:</b>	18/6/96 MUESTRA: #2, CARPETA
<b>FECHA RESULTADOS:</b>	21/8/96 ESTACION: 82 + 000
<b>GOLPES/LADO:</b>	75 ESPESOR: 6.5 - 7.0 cm.

GRAVEDAD ESPECIFICA MAXIMA TEORICA						
% ASF	W yldio	W rec	W rectmat	W total	W rec call	GS MAX
	1341	3255	5255	12715	11624	2,200

# Past.	GRUPO	W SECO (g)	W S.S.S (g)	W SUM (g)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	GRAY ESPEC.	Gbs. máx teo.	VACIOS %	LECT. ANILLO (x 10 <sup>-4</sup> "	ESTAB. MEDIDA (Kg)	FACTOR CORREC.	ESTAB. CORREC. (Kg)	FLUJO (1/100")	FLUJO CORREG (4/100cm)
1	A	1036,2	1038,7	547,5	491,2	2,110	2,200	4,1	218	1167,8	1,09	1273,0	19	48
2	G	1043,3	1046,4	552,0	494,4	2,110	2,200	4,1	210	1125,0	1,09	1226,2	14	36
3	U	1045,8	1049,8	559,4	490,4	2,133	2,200	3,1	226	1210,7	1,09	1319,7	12	30
4	A	1040,3	1044,2	555,4	488,8	2,128	2,200	3,3	178	953,6	1,09	1039,4	13	33
					<b>Promedios</b>	<b>2,120</b>	<b>2,200</b>	<b>3,6</b>				<b>1214,6</b>		<b>37</b>
5	A	1042,3	1045,2	551,8	493,4	2,112	2,200	4,0	284	1518,8	1,09	1655,4	9	23
6	I	1037,1	1040,7	547,8	492,9	2,104	2,200	4,4	258	1382,1	1,09	1506,5	15	38
7	R	1042,3	1046,3	557,8	488,5	2,134	2,200	3,0	262	1403,6	1,09	1529,9	7	18
8	E	1037,8	1043,9	556,0	487,9	2,127	2,200	3,3	243	1301,8	1,09	1418,9	6	15
					<b>Promedios</b>	<b>2,119</b>	<b>2,200</b>	<b>3,7</b>				<b>1527,7</b>		<b>23</b>

OBSERVACIONES:

Estab. Retenida (ER) %	79,56
------------------------	-------

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
SECCION DE ASFALTOS

**ENSAYO DE CONTENIDO DE ASFALTO Y GRADUACION DE LA EXTRACCION**

<b>Tabla A - 7</b>			
<b>PROYECTO:</b>		<b>TARAS - LA GEORGINA</b>	
FECHA MUESTREO:	18/6/1996	MUESTRA:	# 2, CARPETA
FECHA RESULTADOS:	21/8/1996	ESTACION	82 + 000
METODO:	REFLUX	ESPEJOR:	6.5 - 7.0 cm

*A. Contenido de asfalto, Ceniza y Agua*

% ASF total =	5,34
% ASF agreg =	5,64

% CENIZA=	1,37
-----------	------

% AGUA =	0,44
----------	------

*B. Graduación de la extracción*

MALLA	% PAS. ACUMUL.	ESPECIF. GRAD B.
1"	100	-
3/4"	100	100
3/8"	83	70 - 90
#4	60	50 - 70
#8	44	35 - 50
#50	16	13 - 23
#200	7,0	3 - 8

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
SECCIÓN ASFALTOS

**ENSAYO DE ESTABILIDAD RETENIDA (MARSHALL)**

<b>Tabla A - 8</b>			
<b>PROYECTO:</b>	TARAS - LA GEORGINA		
<b>FECHA MUESTREO:</b>	18/6/96	<b>MUESTRA:</b>	#3, CARPETA
<b>FECHA RESULTADOS:</b>	31/8/96	<b>ESTACION:</b>	84 + 500
<b>GOLPES/LADO:</b>	75	<b>ESPESOR:</b>	6,0 - 6,5 cm.

GRAVEDAD ESPECIFICA MAXIMA TEORICA					
% ASF	W vidrio	W rec.	W rec/mat	W rec call.	GS MAX
	1340	3255	5255	12742	2,268

# Past.	GRUPO	W. SECO (g)	W. S. S. S. (g)	W. SUM. (g)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	GRAY. ESPEC. (g/cm <sup>3</sup> )	Gba. máx teo.	VACIOS %	LECT. ANILLO (x 10 <sup>-4</sup> )	ESTAB. MEDIDA (Kg)	FACTOR CORREC.	ESTAB. CORREC. (Kg)	FLUJO (1/100")	FLUJO CORREG. (1/100cm)
1	A	1041,0	1044,5	558,3	486,2	2,141	2,268	5,6	166	889,3	1,09	969,3	10	25
2	G	1042,0	1043,0	564,0	479,0	2,175	2,268	4,1	248	1328,6	1,14	1514,6	11	28
3	U	1037,5	1040,2	557,3	482,9	2,148	2,268	5,3	190	1017,8	1,09	1109,5	19	48
4	A	1033,7	1035,0	557,8	477,2	2,166	2,268	4,5	195	1044,6	1,14	1190,9	14	36
				<b>Promedios</b>		<b>2,158</b>	<b>2,268</b>	<b>4,8</b>				<b>1196,1</b>		<b>34</b>
5	A	1041,4	1043,3	564,8	478,5	2,176	2,268	4,0	280	1500,0	1,14	1710,0	15	38
6	I	1041,3	1045,6	559,0	486,6	2,140	2,268	5,6	228	1221,4	1,09	1331,3	6	15
7	R	1042,4	1045,2	562,5	482,7	2,160	2,268	4,8	272	1457,1	1,09	1588,3	14	36
8	E	1040,3	1043,4	562,5	480,9	2,163	2,268	4,6	252	1350,0	1,14	1539,0	8	20
				<b>Promedios</b>		<b>2,160</b>	<b>2,268</b>	<b>4,8</b>				<b>1542,1</b>		<b>27</b>

OBSERVACIONES:

Estab. Retenida (ER) %	77,65
------------------------	-------



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
SECCION DE ASFALTOS

**ENSAYO DE RESISTENCIA RETENIDA**

<b>Tabla A - 9</b>	
<b>PROYECTO:</b>	TARAS - LA GEORGINA
	MUESTRA: #3, CARPETA
<b>FECHA MUESTREO:</b>	18/6/96
	ESTACION: 84 + 500
<b>FECHA RESULTADOS:</b>	31/8/96
	ESESOR: 6,0 - 6,5 cm.

# PAST	GRUPO	W. SECO (g)	W. S.S.S. (g)	W. SUM (g)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	GRAY. ESPEC.	CARGA COMPRES. (Lb)	CARGA COMPRES. (kg)
1	AGUA	1671,0	1678,8	883,7	795,1	2,102	4700	2136,4
2	AGUA	1672,6	1681,1	888,3	792,8	2,110	5500	2500,0
3	AGUA	1673,2	1681,3	884,7	796,6	2,100	5500	2500,0
				PROMEDIOS	794,8	<b>2,104</b>		<b>2378,8</b>

4	AIRE	1674,2	1683,1	886,5	796,6	2,102	10100	4590,9
5	AIRE	1675,4	1683,3	885,1	798,2	2,099	10600	4818,2
6	AIRE	1675,5	1687,7	891,4	796,3	2,104	10400	4727,3
				PROMEDIOS	797,0	<b>2,102</b>		<b>4712,1</b>

<b>Resist. Retenida (RR) %</b>	<b>50,5</b>
--------------------------------	-------------

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
SECCION DE ASFALTOS

**ENSAYO DE CONTENIDO DE ASFALTO Y GRADUACION DE LA EXTRACCION**

<b>Tabla A - 10</b>		
PROYECTO:	TARAS - LA GEORGINA	
FECHA MUESTREO:	18/6/96	MUESTRA: #3, CARPETA
FECHA RESULTADOS:	31/8/96	ESTACION 84 + 500
METODO:	REFLUX	ESPESOR: 6.0 - 6.5 cm

A. *Contenido de asfalto, Ceniza y Agua*

% ASF total =	5,92
% ASF agreg =	6,30

% CENIZA=	0,17
-----------	------

% AGUA =	1,38
----------	------

B. *Graduación de la extracción*

MALLA	% PAS. ACUMUL.	ESPECIF. GRAD B.
1"	100	-
3/4"	100	100
3/8"	78	70 - 90
#4	57	50 - 70
#8	45	35 - 50
#50	23	13 - 23
#200	10,3	3 - 8

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
SECCIÓN ASFALTOS

**ENSAYO DE ESTABILIDAD RETENIDA (MARSHALL)**

<b>Tabla A - 11</b>	
<b>PROYECTO:</b>	TARAS - LA GEORGINA
<b>FECHA MUESTREO:</b>	18/6/96
<b>FECHA RESULTADOS:</b>	31/8/96
<b>GOLPES/LADO:</b>	75
<b>MUESTRA:</b>	Mezcla para colocar en la estación 78 + 700, Planta.
<b>ESPESOR:</b>	-

GRAVEDAD ESPECIFICA MAXIMA TEORICA						
% ASF	W vidrio	W rec.	W rec+mat	W rec call.	GS MAX	
	1341	3257	5257	12720	11624	2,212

# Past.	GRUPO	W SECO (g)	W S.S.S. (g)	W. SUM. (g)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	GRAY. ESPEC.	Gbs. máx teo.	VACIOS %	LECT. ANILLO (x 10 <sup>-4</sup> "	ESTAB. MEDIDA (Kg)	FACTOR CORREC.	ESTAB. CORREC. (Kg)	FLUJO (1/100")	FLUJO CORREG (1/100cm)
1	A	1043,9	1044,8	562,7	482,1	2,165	2,212	2,1	160	857,1	1,14	977,1	12	30
2	G	1045,5	1046,0	566,8	479,2	2,182	2,212	1,4	174	932,1	1,14	1062,6	12	30
3	U	1041,9	1042,5	562,3	480,2	2,170	2,212	1,9	157	841,1	1,14	958,8	13	33
4	A	1046,8	1047,4	567,0	480,4	2,179	2,212	1,5	153	819,6	1,14	934,4	16	41
		<b>Promedios</b>				<b>2,174</b>	<b>2,212</b>	<b>1,7</b>				<b>983,2</b>		<b>34</b>
5	A	1039,3	1039,4	564,5	474,9	2,188	2,212	1,1	190	1017,8	1,14	1160,3	10	25
6	I	1044,6	1045,7	563,5	482,2	2,166	2,212	2,1	164	878,6	1,14	1001,6	10	25
7	R	1039,2	1039,5	563,0	476,5	2,181	2,212	1,4	168	900,0	1,14	1026,0	13	33
8	E	1043,5	1045,0	561,9	483,1	2,160	2,212	2,4	144	771,4	1,09	840,9	12	30
		<b>Promedios</b>				<b>2,174</b>	<b>2,212</b>	<b>1,7</b>				<b>1007,2</b>		<b>29</b>

OBSERVACIONES:

Estab. Retenida (ER) %

97,64

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
SECCION DE ASFALTOS

**ENSAYO DE RESISTENCIA RETENIDA**

<i>Tabla A - 12</i>	
<b>PROYECTO:</b>	TARAS - LA GEORGINA
<b>FECHA MUESTREO:</b>	18/6/96
<b>FECHA RESULTADOS:</b>	31/8/96
<b>MUESTRA:</b>	Mezcla para colocar en la estación 78 + 700
<b>ESPESOR:</b>	-

# PAST	GRUPO	W. SECO (g)	W. S.S.S. (g)	W. SUM (g)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	GRAV. ESPEC.	CARGA COMPRES. (Lb)	CARGA COMPRES. (kg)
1	AGUA	1670,5	1673,8	884,6	789,2	2,117	7100	3227,3
2	AGUA	1678,9	1683,3	890,5	792,8	2,118	6900	3136,4
3	AGUA	1676,1	1679,9	890,3	789,6	2,123	6500	2954,5
		PROMEDIOS		790,5	2,119			<b>3106,1</b>

4	AIRE	1675,9	1680,2	888,6	791,6	2,117	7800	3545,5
5	AIRE	1685,8	1690,6	896,1	794,5	2,122	8100	3681,8
6	AIRE	1671,9	1676	886,5	789,5	2,118	8200	3727,3
		PROMEDIOS		791,9	2,119			<b>3651,5</b>

<b>Resist. Retenida (RR) %</b>	<b>85,1</b>
--------------------------------	-------------

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
SECCION DE ASFALTOS

**ENSAYO DE CONTENIDO DE ASFALTO Y GRADUACION DE LA EXTRACCION**

<b>Tabla A - 13</b>		
PROYECTO:	TARAS - LA GEORGINA	
FECHA MUESTREO:	18/6/1996	MUESTRA: # 1, Carpeta.
FECHA RESULTADOS:	13/12/96	ESTACION: Planta.
METODO:	REFLUX	ESPEJOR: -

*A. Contenido de asfalto, Ceniza y Agua*

% ASF total =	6,34
% ASF agreg =	6,77

% CENIZA =	0,15
------------	------

% AGUA =	0,56
----------	------

*B. Graduación de la extracción*

MALLA	% PAS. ACUMUL.	ESPECIF. GRAD B.
1"	100	-
3/4"	100	100
3/8"	84	70 - 90
#4	53	50 - 70
#8	38	35 - 50
#50	13	13 - 23
#200	7,2	3 - 8

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
SECCIÓN ASFALTOS

**ENSAYO DE ESTABILIDAD RETENIDA (MARSHALL)**

<b>Tabla A - 14</b>	
<b>PROYECTO:</b>	Taras - La Georgina.
<b>FECHA MUESTREO:</b>	6/9/96
<b>FECHA RESULTADOS:</b>	7/10/96
<b>GOLPES/LADO:</b>	75
<b>MUESTRA:</b>	# 2, Bacheo.
<b>ESTACION:</b>	Planta.
<b>ESPESOR:</b>	-

GRAVEDAD ESPECIFICA MAXIMA TEORICA						
% ASF.	W vidrio	W rec.	W rec+mat	W rec call.	GS MAX	
	461,1	1163,5	2663,5	4653	3829,2	2,218

# Past.	GRUPO	W, SECO (g)	W, S.S.S (g)	W, SUM. (g)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	GRAY. ESPEC.	Gbs. máx teo.	VACIOS %	LECT. ANILLO (x 10 <sup>-4</sup> )	ESTAB. MEDIDA (Kg)	FACTOR CORREC.	ESTAB. CORREG. (Kg)	FLUJO (1/100")	FLUJO CORREG. (1/100gm)
1	A	1087,6	1088,6	572,3	516,3	2,107	2,218	5,0	220	1178,6	1	1178,6	9	23
2	G	1111,5	1111,5	595,8	515,7	2,155	2,218	2,8	248	1328,6	1	1328,6	9	23
3	U	1090,7	1091,3	580,7	510,6	2,136	2,218	3,7	190	1017,8	1	1017,8	9	23
4	A	1096,8	1097,0	591,2	505,8	2,168	2,218	2,2	202	1082,1	1,04	1125,4	13	33
					<b>Promedios</b>	<b>2,142</b>	<b>2,218</b>	<b>3,5</b>				<b>1162,6</b>		<b>25</b>
5	A	1198,5	1198,5	639,0	559,5	2,142	2,218	3,4	245	1312,5	0,86	1128,7	7	18
6	I	1092,1	1093,6	577,0	516,6	2,114	2,218	4,7	272	1457,1	1	1457,1	17	43
7	R	1094,5	1094,5	583,0	511,5	2,140	2,218	3,5	250	1339,3	1	1339,3	12	30
8	E	1097,2	1097,3	587,5	509,8	2,152	2,218	3,0	253	1355,3	1	1355,3	12	30
					<b>Promedios</b>	<b>2,137</b>	<b>2,218</b>	<b>3,7</b>				<b>1320,1</b>		<b>30</b>

OBSERVACIONES:

Estab. Retenida (ER) %	88,4 <sub>58</sub>
------------------------	--------------------

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
SECCION DE ASFALTOS

ENSAYO DE RESISTENCIA RETENIDA

Tabla A - f5	
PROYECTO:	Taras - La Georgina.
MUESTRA:	# 2, Bacheo.
FECHA MUESTREO:	6/9/96
ESTACION:	Planta.
FECHA RESULTADOS:	7/10/96
ESPESOR:	-

# PAST	GRUPO	W SECO (g)	W. S.S.S. (g)	W. SUM. (g)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	GRAY. ESPEC.	GARGA COMPRES (lb)	GARGA COMPRES (kg)
1	AGUA	1760,3	1765,3	925,0	840,3	2,095	7900	3590,9
2	AGUA	1766,9	1770,1	928,0	842,1	2,098	8500	3863,6
3	AGUA	1756,3	1759,8	926,0	833,8	2,106	8300	3772,7
		PROMEDIOS		926,0	838,7	<b>2,100</b>		<b>3742,4</b>

4	AIRE	1771,6	1774,2	931,8	842,4	2,103	9000	4090,9
5	AIRE	1673,9	1678,8	881,3	797,5	2,099	8800	4000,0
6	AIRE	1663,7	1667	874,5	792,5	2,099	9000	4090,9
		PROMEDIOS		874,5	810,8	<b>2,100</b>		<b>4060,6</b>

**Resist. Retenida (RR) %      92,2**

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
SECCION DE ASFALTOS

**ENSAYO DE CONTENIDO DE ASFALTO Y GRADUACION DE LA EXTRACCION**

<b>Tabla A - 16</b>		
PROYECTO:	TARAS - LA GEORGINA	
FECHA MUESTREO:	6/9/96	MUESTRA: # 2, Carpeta.
FECHA RESULTADOS:	31/12/96	ESTACION: Planta.
METODO:	REFLUX	ESPESOR: -

A. Contenido de asfalto, Ceniza y Agua

% ASF total =	7,31
% ASF agreg =	7,89

% CENIZA=	0,10
-----------	------

% AGUA =	0,10
----------	------

B. Graduación de la extracción

MALLA	% PAS. ACUMUL.	ESPECIF. GRAD B.
1"	100	-
3/4"	100	100
3/8"	83	70 - 90
#4	58	50 - 70
#8	41	35 - 50
#50	10	13 - 23
#200	3,5	3 - 8

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
SECCIÓN ASFALTOS

**ENSAYO DE ESTABILIDAD RETENIDA (MARSHALL)**

<b>Tabla A - 17</b>	
<b>PROYECTO:</b>	<b>TARAS - LA GEORGINA.</b>
FECHA MUESTREO:	25/9/96
FECHA RESULTADOS:	13/12/96
GOLPES/LADO:	75
MUESTRA:	# 3, CARPETA
ESTACION:	Planta.
ESPESOR:	

GRAVEDAD ESPECIFICA MAXIMA TEORICA			
% ASF	W vidrio	W rec. mat	W rec. call.
	461,1	2662,4	3828,7078
			<b>GS MAX</b>
			2,317

# Pags.	GRUPO	W. SECO (g)	W. S.S.S (g)	W. SUM. (g)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	GRAV. ESPEC.	Gbs. máx teo.	VACIOS %	LECT. ANILLO (x 10 <sup>-4</sup> "	ESTAB. MEDIDA (Kg)	FACTOR CORREC.	ESTAB. CORREG. (Kg)	FLUJO (1/100")	FLUJO CORREG (1/100cm)
1	A	1096,8	1097,7	601,8	495,9	2,212	2,317	4,5	210	1125,0	1,04	1170,0	8	20
2	G	1095,1	1095,4	601,8	493,6	2,219	2,317	4,2	214	1146,4	1,09	1249,6	11	28
3	U	1098,9	1099,6	601,1	498,5	2,204	2,317	4,9	208	1114,3	1,04	1158,8	9	23
4	A	1099,0	1099,6	622,3	477,3	2,303	2,317	0,6	200	1071,4	1,14	1221,4	14	36
				<b>Promedios</b>		<b>2,234</b>	<b>2,317</b>	<b>3,6</b>				<b>1200,0</b>		<b>27</b>
5	A	1095,7	1097,3	603,7	493,6	2,220	2,317	4,2	258	1382,1	1,09	1506,5	13	33
6	I	1091,5	1092,3	603,5	488,8	2,233	2,317	3,6	238	1275,0	1,09	1389,7	13	33
7	R	1075,5	1076,1	592,5	483,6	2,224	2,317	4,0	270	1446,4	1,09	1576,6	9	23
8	E	1103,8	1104,4	610,4	494,0	2,234	2,317	3,6	230	1232,1	1,09	1343,0	12	30
				<b>Promedios</b>		<b>2,228</b>	<b>2,317</b>	<b>3,8</b>				<b>1454,0</b>		<b>30</b>

OBSERVACIONES:

Estab. Retenida (ER) %	82,9%
------------------------	-------

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
SECCION DE ASFALTOS

**ENSAYO DE RESISTENCIA RETENIDA**

<b>Tabla A - 18</b>	
<b>PROYECTO:</b>	TARAS - LA GEORGINA.
<b>FECHA MUESTREO:</b>	25/9/96
<b>FECHA RESULTADOS:</b>	13/12/96
<b>MUESTRA:</b>	# 3, CARPETA
<b>ESTACION:</b>	Planta.
<b>ESPESOR:</b>	

# PAST	GRUPO	W. SECO (g)	W. S.S.S. (g)	W. SUM (g)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	GRAV. ESPEC.	CARGA COMPRES (Lb)	CARGA COMPRES (kg)
1	AGUA	1765,1	1770,8	943,0	827,8	2,132	6600	3000,0
2	AGUA	1770,3	1775,5	947,0	828,5	2,137	6900	3136,4
3	AGUA	1775,0	1780,5	948,6	831,9	2,134	7100	3227,3
				<b>PROMEDIOS</b>	<b>829,4</b>	<b>2,134</b>		<b>3121,2</b>
4	AIRE	1772,3	1777,8	945,5	832,3	2,129	7500	3409,1
5	AIRE	1768,0	1771,9	943,9	828,0	2,135	7700	3500,0
6	AIRE	1771,9	1778,2	949,3	828,9	2,138	7600	3454,5
				<b>PROMEDIOS</b>	<b>829,7</b>	<b>2,134</b>		<b>3454,5</b>

**Resist. Retenida (RR) % 90,4**

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
SECCION DE ASFALTOS

**ENSAYO DE CONTENIDO DE ASFALTO Y GRADUACION DE LA EXTRACCION**

<b>Tabla A - 19</b>		
PROYECTO:	Taras - La Georgina.	
FECHA MUESTREO:	25/9/1996	MUESTRA: # 3, Carpeta.
FECHA RESULTADOS:	13/12/1996	ESTACION Planta.
METODO:	REFLUX	ESPEJOR: -

*A. Contenido de asfalto, Ceniza y Agua*

% ASF total =	7,00
% ASF agreg =	7,53

% CENIZA=	0,24
-----------	------

% AGUA =	0,28
----------	------

*B. Graduación de la extracción*

MALLA	% PAS. ACUMUL.	ESPECIF. GRAD B.
1"	100	-
3/4"	100	100
3/8"	81	70 - 90
#4	53	50 - 70
#8	37	35 - 50
#50	14	13 - 23
#200	4,6	3 - 8

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
SECCIÓN DE ASFALTOS

**VACÍOS EN SITIO / PORCENTAJE DE COMPACTACIÓN EN SITIO**

**MEDICIÓN USANDO DENSÍMETRO NUCLEAR**

Tabla A - 20
<b>PROYECTO: TARAS - LA GEORGINA</b>
<b>FECHA DE MUESTREO: 18/ 3/ 97</b>

Estación		79+000	82+000	84+500
Medición 1	Vacios en sitio (%)	8	13	11
Medición 2	Vacios en sitio (%)	8	5	9
Medición 3	Vacios en sitio (%)	7	9	11
Medición 4	Vacios en sitio (%)		11	10
<b>Promedio Vacíos (%)</b>		<b>8</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>Promedio compactación (%)</b>		<b>92</b>	<b>90</b>	<b>90</b>

**Nota:** El porcentaje de vacíos en sitio se calcula con base en la densidad seca y la densidad máxima teórica medida en el laboratorio. Datos ajustados con un factor calculado por el LANAMME.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
 SECCIÓN DE ASFALTOS

**PORCENTAJE DE HUMEDAD**

Tabla A - 21
<b>PROYECTO: TARAS - LA GEORGINA</b>
FECHA DE MUESTREO: 18/ 3/ 97

Estación		79+000	82+000	84+500
Medición 1	Humedad (%)	8	11,6	11,1
Medición 2	Humedad (%)	8,4	9,3	10,3
Medición 3	Humedad (%)	8,3	11,2	10,4
Medición 4	Humedad (%)		11,5	9,7
<b>Promedio Humedad (%)</b>		<b>8,2</b>	<b>10,9</b>	<b>10,4</b>



**ANEXO II**

**RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO**  
**AL LIGANTE ASFÁLTICO**



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
 SECCION DE ASFALTOS

**ENSAYOS AL CEMENTO ASFALTICO DE LOS TANQUES DE LA PLANTA**

Tabla B - 1	
PROYECTO:	TARAS - LA GEORGINA.
FECHA DE MUESTREO:	18 / 6 /96
FECHA DE RESULTADOS:	13/12/96
MUESTREO # :	1
NIVEL :	NO SE REPORTE
Tcem :	NO SE REPORTE

ENSAYO	ASTM	RESULTADO	UNIDAD
PENETRACION a 25 °C	D-5	87 ± 1.2	( 1/10 mm)
DUCTILIDAD a 25 °C	D-113	> 100	cm.
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C	D-2171	( 2.25 ± 0.03 ) X10 <sup>3</sup>	Poise
PERDIDA EN PELICULA DELGADA	D-1754	0,74	%
PENETRACION a 25 °C al RESIDUO	D-5	55 ± 0.6	( 1/10 mm)
DUCTILIDAD a 25 °C al RESIDUO	D-113	> 100	cm.
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C al RESIDUO	D-2171	( 5.8 ± 0.1 ) X10 <sup>3</sup>	Poise

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
 SECCION DE ASFALTOS

**ENSAYOS AL CEMENTO ASFALTICO DE LOS TANQUES DE LA PLANTA**

Tabla B - 2	
PROYECTO:	TARAS - LA GEORGINA.
FECHA DE MUESTREO:	6 / 9 /96
FECHA DE RESULTADOS:	13/12/96
MUESTREO # :	2
NIVEL :	NO SE REPORTO
T <sub>cem</sub> :	NO SE REPORTO

ENSAYO	ASTM	RESULTADO	UNIDAD
PENETRACION a 25 °C	D-5	99 ± 0.8	( 1/10 mm)
DUCTILIDAD a 25 °C	D-113	> 100	cm.
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C	D-2171	( 1.93 ± 0.02 ) X10 <sup>3</sup>	Poise
PERDIDA EN PELICULA DELGADA	D-1754	0,83	%
PENETRACION a 25 °C al RESIDUO	D-5	53 ± 0.0	( 1/10 mm)
DUCTILIDAD a 25 °C al RESIDUO	D-113	> 100	cm.
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C al RESIDUO	D-2171	( 5.55 ± 0.06 ) X10 <sup>3</sup>	Poise

Nota : Para poder realizar las pruebas se debió colocar la muestra durante 18 horas a 120 °C para poder eliminar el agua presente, ya que el cemento al colocarlo en el viscosímetro a 135 °C, sube a través del capilar por lo que no se puede realizar la prueba. Así mismo cuando se intento moldear la muestra para la prueba de penetración y ductilidad se debió realizar el mismo procedimiento.



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
 SECCION DE ASFALTOS

**ENSAYOS AL CEMENTO ASFALTICO DE LOS TANQUES DE LA PLANTA**

Tabla B - 3	
PROYECTO:	TARAS - LA GEORGINA.
FECHA DE MUESTREO:	25 / 9 /96
FECHA DE RESULTADOS:	13/12/96
MUESTREO # :	3
NIVEL :	NO SE REPORTO
T <sub>cem</sub> :	NO SE REPORTO

ENSAYO	ASTM	RESULTADO	UNIDAD
PENETRACION a 25 °C	D-5	94 ± 1	( 1/10 mm)
DUCTILIDAD a 25 °C	D-113	> 100	cm.
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C	D-2171	( 2.04 ± 0.02 ) X10 <sup>3</sup>	Poise
PERDIDA EN PELICULA DELGADA	D-1754	0,65	%
PENETRACION a 25 °C al RESIDUO	D-5	63 ± 0.5	( 1/10 mm)
DUCTILIDAD a 25 °C al RESIDUO	D-113	> 100	cm.
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C al RESIDUO	D-2171	( 4.9 ± 0.1 ) X10 <sup>3</sup>	Poise

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
SECCION DE ASFALTOS

**ENSAYOS AL CEMENTO ASFALTICO**  
Extracción de mezcla en sitio (compactada y colocada).

Tabla B - 4

<b>PROYECTO :</b> TARAS - LA GEORGINA.	<b>SOLVENTE :</b> Tricloroetileno.
--	------------------------------------

Muestra # : 1, Carpeta.  
Estación : 79 + 000.  
Fecha de muestreo : 18/6/1996.

ENSAYO	ASTM	RESULTADO	UNIDADES
PENETRACIÓN a 25 °C	D 5	27 ± 1,5	( 1/10 mm)
DUCTILIDAD a 25 °C	D113	-	cm
VISCOCIDAD ABSOLUTA a 60 °C	D2117	-	Poisse
% CENIZA DE VISCOSIDAD ABS. Nota 7.	D5404	0,85	%

Muestra # : 2, Carpeta.  
Estación : 82 + 000.  
Fecha de muestreo : 6/9/1996.

ENSAYO	ASTM	RESULTADO	UNIDADES
PENETRACIÓN a 25 °C	D 5	16,4 ± 0.5	( 1/10 mm)
DUCTILIDAD a 25 °C	D113	-	cm
VISCOCIDAD ABSOLUTA a 60 °C	D2117	-	Poisse
% CENIZA DE VISCOSIDAD ABS. Nota 7.	D5404	1,5	%

Muestra # : 3, Carpeta.  
Estación : 84 + 500.  
Fecha de muestreo : 3/2/1997.

ENSAYO	ASTM	RESULTADO	UNIDADES
PENETRACIÓN a 25 °C	D 5	45 ± 0	( 1/10 mm)
DUCTILIDAD a 25 °C	D113	> 100.	cm
VISCOCIDAD ABSOLUTA a 60 °C	D2117	( 8,2 ± 0.6 ) X10 <sup>3</sup>	Poisse
% CENIZA DE VISCOSIDAD ABS. Nota 7.	D5404	0,88	%

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
SECCION DE ASFALTOS

**Tabla B - 5**  
**ENSAYOS AL CEMENTO ASFALTICO**  
Extracción de mezcla en planta

**PROYECTO :** \_\_\_\_\_ **SOLVENTE :** Tricloroetileno.

Muestra # : 1, Carpeta.  
Estación : 78 + 700.  
Fecha de muestreo : 18/ 6/ 1996

ENSAYO	ASTM	RESULTADO	UNIDADES
PENETRACIÓN a 25 °C	D 5	56 ± 2,2	( 1/10 mm)
DUCTILIDAD a 25 °C	D113	> 100	cm
VISCOCIDAD ABSOLUTA a 60 °C	D2117	( 5,6 ± 0,6 ) X10 <sup>3</sup>	Poise
% CENIZA DEL CEMENTO. Nota 7.	D5404	0,53	%

Muestra # : 2, Carpeta  
Estación : Planta  
Fecha de muestreo : 6/9/96

ENSAYO	ASTM	RESULTADO	UNIDADES
PENETRACIÓN a 25 °C	D 5	33 ± 0,7	( 1/10 mm)
DUCTILIDAD a 25 °C	D113	16	cm
VISCOCIDAD ABSOLUTA a 60 °C	D2117	( 44,0 ± 5 ) X10 <sup>3</sup>	Poise
% CENIZA DE VISCOSIDAD ABS. Nota 7.	D5404	0,57	%

Muestra # : 3, Carpeta.  
Estación : Planta  
Fecha de muestreo : 25/ 9/ 1996.

ENSAYO	ASTM	RESULTADO	UNIDADES
PENETRACIÓN a 25 °C	D 5	49 ± 1,3	( 1/10 mm)
DUCTILIDAD a 25 °C	D113	> 100	cm
VISCOCIDAD ABSOLUTA a 60 °C	D2117	( 8,7 ± 0,6 ) X10 <sup>3</sup>	Poise
% CENIZA DE VISCOSIDAD ABS. Nota 7.	D5404	-	%

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

**ANEXO III**

**RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO**

**ADICIONALES PARA AGREGADOS**



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURAL  
SECCION DE ASFALTOS

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

PRUEBA DE ABRASION

FECHA: 10 DE AGOSTO DE 1996

PROYECTO TARAS - LA GEORGINA

TABLA C - 1

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	TIPO DE ABRASION	% DESGASTE
Graduación intermedia	C	27,2
Graduación gruesa	B	25,1

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

ANALISIS GRANULOMETRICO

FECHA 7 DE AGOSTO DE 1996  
 PROYECTO TARAS - LA GEORGINA

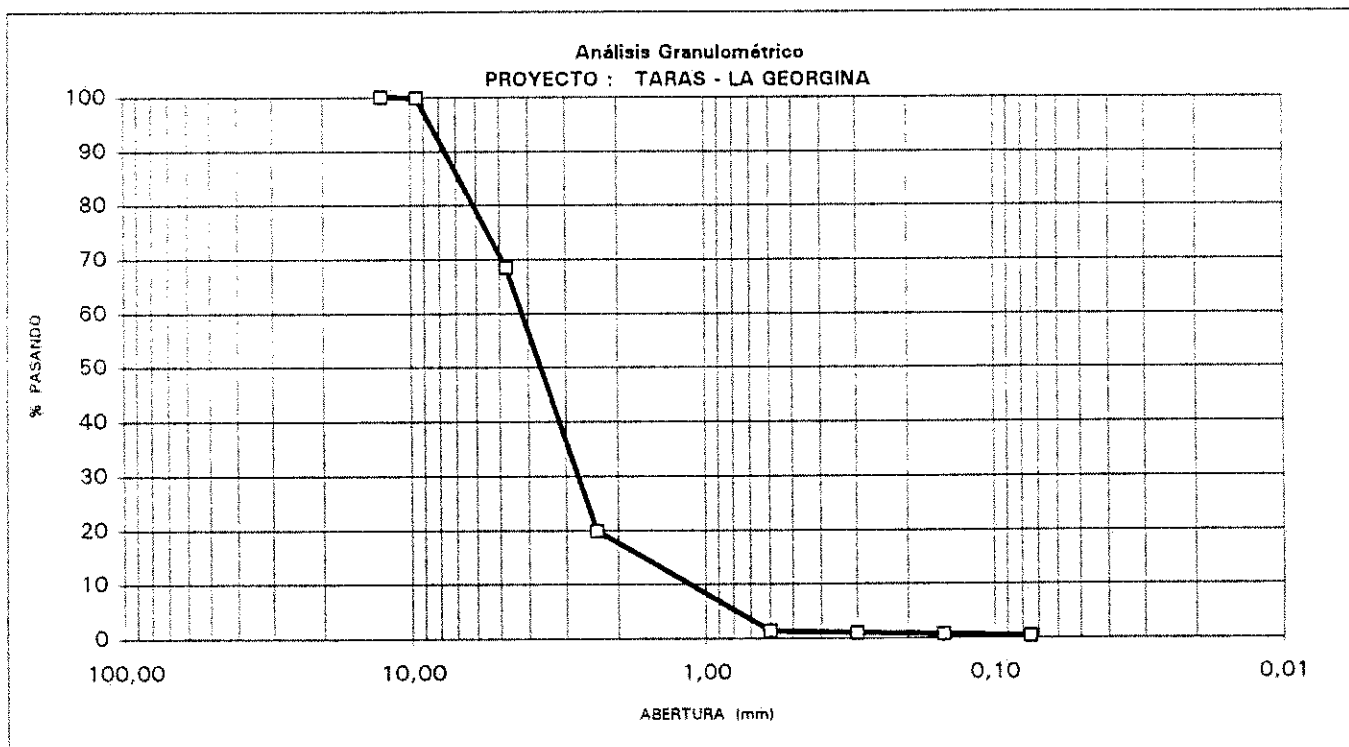
MUESTRA : AGREGADO INTERMEDIO  
 UBICACION : PLANTA

Tabla C - 2  
 Análisis mecánico (lavado)

PESO INICIAL: 5131,0 g

PESO FINAL: 5112,0 g

Identificac. Malla	Abertura (mm)	Peso Ret. (g)	% Ret.	% Ret. Ac.	% Pas.
1/2"	12,50	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,53	8,3	0,2	0,2	99,8
#4	4,75	1609,4	31,4	31,5	68,5
#8	2,36	2497,4	48,7	80,2	19,8
#30	0,60	948,1	18,5	98,7	1,3
#50	0,30	20,2	0,4	99,1	0,9
#100	0,15	13,8	0,3	99,3	0,7
#200	0,075	13,8	0,3	99,6	0,4



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

ANALISIS GRANULOMETRICO

FECHA 8 DE AGOSTO DE 1996  
 PROYECTO TARAS - LA GEORGINA

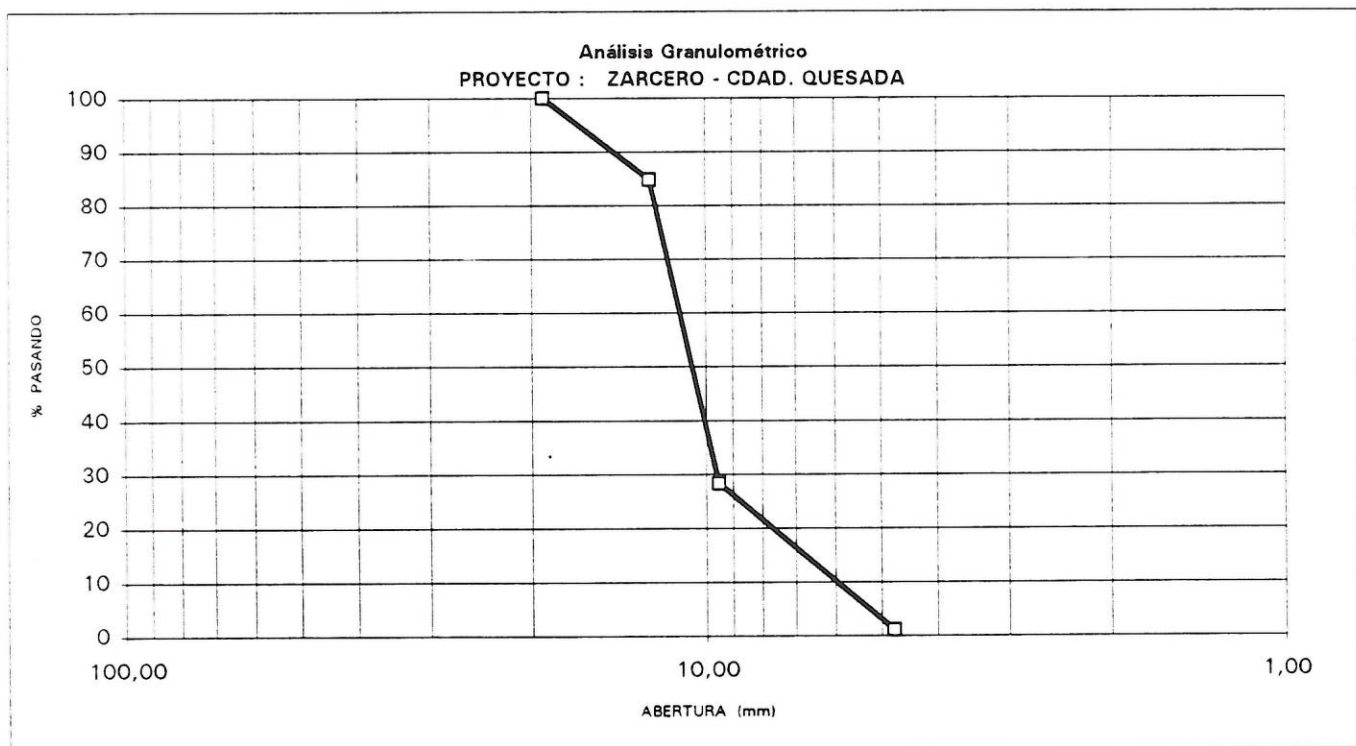
MUESTRA : 1  
 UBICACIÓN : PLANTA

**Tabla C - 3**  
**Análisis mecánico (lavado)**

PESO INICIAL: 12105,0 g

PESO FINAL: 12071,0 g

Identificac. Malla	Abertura (mm)	Peso Ret. (g)	% Ret.	% Ret. Ac.	% Pas.
3/4"	19,10	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,50	1834,8	15,2	15,2	84,8
3/8"	9,53	6844,8	56,5	71,7	28,3
#4	4,75	3288,8	27,2	98,9	1,1
CHAROLA	-	99,9	0,8	99,7	0,3



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

ANALISIS GRANULOMETRICO

FECHA 5 DE AGOSTO DE 1996  
 PROYECTO TARAS - LA GEORGINA

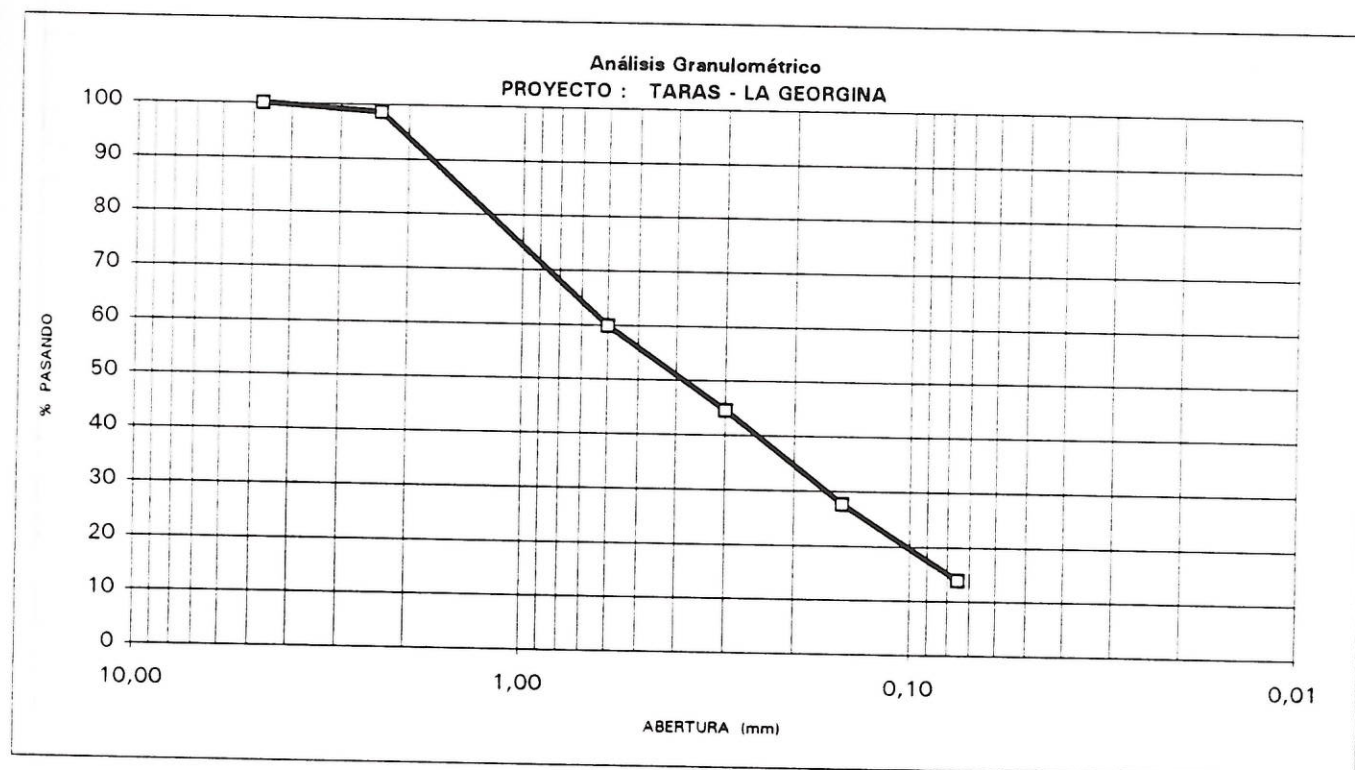
MUESTRA : AGREGADO FINO  
 UBICACIÓN :

**Tabla C - 4**  
**Análisis mecánico (lavado)**

PESO INICIAL: 1194,2 g

PESO FINAL: 1028,7 g

Identificac. Malla	Abertura (mm)	Peso Ret. (g)	% Ret.	% Ret. Ac.	% Pas.
#4	4,75	0,1	0,0	0,0	100,0
#8	2,36	16,4	1,4	1,4	98,6
#30	0,60	462,5	38,7	40,1	59,9
#50	0,30	182,8	15,3	55,4	44,6
#100	0,15	202,5	17,0	72,4	27,6
#200	0,08	163,7	13,7	86,1	13,9





UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

**Tabla C - 5**  
**PRUEBA DE CUBICIDAD DE PARTICULAS**

FECHA: 7 DE AGOSTO DE 1996  
 PROYECTO: TARAS - LA GEORGINA  
 DESCRIPCION DEL MATERIAL: AGREGADO GRUESO  
 MATERIAL PLANTA #1

PARTICULA No.	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	RELACION LARGO-ANCHO	RELACION ANCHO-ESPESOR
1	18,31	12,26	10,51	1,5	1,2
2	22,53	9,39	7,42	2,4	1,3
3	19,22	12,78	8,2	1,5	1,6
4	12,67	9,50	8,67	1,3	1,1
5	18,53	11,86	9,67	1,6	1,2
6	20,02	15,75	11,2	1,3	1,4
7	17,5	12,16	7,81	1,4	1,6
8	12,64	6,47	7,53	2,0	0,9
9	15,44	12,62	7,39	1,2	1,7
10	13,98	12,38	11,15	1,1	1,1
11	18,84	13,68	7,89	1,4	1,7
12	21,15	10,84	9,64	2,0	1,1
13	13,79	8,70	6,35	1,6	1,4
14	23,01	14,59	9,64	1,6	1,5
15	19,91	13,17	2,11	1,5	6,2
16	14,1	13,93	10	1,0	1,4
17	19,19	17,65	6,2	1,1	2,8
18	13,69	11,00	3,69	1,2	3,0
19	13,1	12,58	10,58	1,0	1,2
20	20,91	13,82	6,72	1,5	2,1
21	18,11	11,24	9,09	1,6	1,2
22	13,12	10,03	3,9	1,3	2,6
23	19,17	8,97	5,83	2,1	1,5
24	18	13,10	5,93	1,4	2,2
25	19,74	11,22	6,3	1,8	1,8
26	17,06	13,15	6,18	1,3	2,1
27	15,61	8,03	6,31	1,9	1,3
28	18,01	11,87	5,5	1,5	2,2
29	15,87	11,04	9,24	1,4	1,2

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

**Tabla C - 6**  
 PRUEBA DE CUBICIDAD DE PARTICULAS

FECHA: 7 DE AGOSTO DE 1996  
 PROYECTO: TARAS - LA GEORGINA  
 DESCRIPCION DEL MATERIAL: AGREGADO GRUESO  
 MATERIAL PLANTA #1

PARTICULA No.	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	RELACION LARGO-ANCHO	RELACION ANCHO-ESPESOR
30	16,51	13,16	8,59	1,3	1,5
31	19,15	15,18	6,98	1,3	2,2
32	20,83	10,55	5,01	2,0	2,1
33	11,95	7,86	7,96	1,5	1,0
34	19,65	13,47	5,51	1,5	2,4
35	17,74	14,75	7,32	1,2	2,0
36	15,51	8,85	8,12	1,8	1,1
37	25,31	12,63	12,35	2,0	1,0
38	16,9	10,68	5,56	1,6	1,9
39	17,57	7,02	7,89	2,5	0,9
40	20,47	11,15	4,28	1,8	2,6
41	17,62	6,37	2,20	2,8	2,9
42	12,07	9,74	7,54	1,2	1,3
43	15,83	11,68	4,50	1,4	2,6
44	21,66	12,21	6,98	1,8	1,7
45	10,03	10,25	6,82	1,0	1,5
46	15,33	9,93	6,40	1,5	1,6
47	18,97	10,61	4,47	1,8	2,4
48	13,23	7,91	7,44	1,7	1,1
49	15,7	11,90	8,25	1,3	1,4
50	18,49	11,32	4,40	1,6	2,6
51	14,42	11,87	10,64	1,2	1,1
52	8,47	6,38	6,02	1,3	1,1
53	14,63	11,53	9,14	1,3	1,3
54	13,49	11,00	7,09	1,2	1,6
55	12,09	6,91	5,95	1,7	1,2
56	16,12	11,35	8,37	1,4	1,4
57	18,5	9,44	6,07	2,0	1,6
58	10,65	5,94	4,80	1,8	1,2

PROMEDIO TOTAL = 1,55 1,72  
 DESVIACION ESTANDAR = 0,36 0,82

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

CARACTERISTICAS DEL AGREGADO

**Tabla C - 7**  
**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION**

FECHA:	30 DE JULIO DE 1996	
PROYECTO:	TARAS - LA GEORGINA	MUESTRA: AGREGADO GRUESO PLANTA
Peso seco:		5006,0 g
Peso Saturado Superficie Seca		5160,0 g
Peso Sumergido		3027,8 g
$G_{bs} = P_s / (P_{sss} - P_s) =$		2,35
$G_{bsss} = P_{sss} / (P_{sss} - P_{sum.}) =$		2,42
$G_{ap} = P_s / (P_s - P_{sum.}) =$		2,53
$\% \text{ ABS} = (P_{sss} - P_s) / P_s * 100 =$		3,08

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

CARACTERISTICAS DEL AGREGADO

**Tabla C - 8**  
**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION**

FECHA:	30 DE JULIO DE 1996	
PROYECTO:	TARAS - LA GEORGINA	MUESTRA: AGREGADO INTERMEDIO PLANTA
Peso seco:		4165,0 g
Peso Saturado Superficie Seca		4310,0 g
Peso Sumergido		2526,2 g
$G_{bs} = P_s / (P_{sss} - P_s) =$		2,33
$G_{bsss} = P_{sss} / (P_{sss} - P_{sum.}) =$		2,42
$G_{ap} = P_s / (P_s - P_{sum.}) =$		2,54
$\% \text{ ABS} = (P_{sss} - P_s) / P_s * 100 =$		3,48

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
 CARACTERISTICAS DEL AGREGADO FINO

**Tabla C - 9**  
**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION**

FECHA : 30 DE JULIO DE 1996  
 PROYECTO : TARAS - LA GEORGINA  
 LOCALIZACION : PLANTA MUESTRA: MATERIAL FINO

Picnometro #	12	A =	478,89 g
Peso del picnometro	222,43 g	B =	721,75 g
Peso picnom. +muestra	722,43 g	S =	500 g
Peso picn+muestra+agua	1014,9 g	C =	1014,9 g
Temperatura	24,4 °C	$G_{bs} = A/(B+S-C) =$	2,32
Capsula #	68	$G_{bsss} = S/(B+S-C) =$	2,42
Peso capsula	65,21 g	$Gap = A/(B+A-C) =$	2,58
Peso seco+ Capsula	544,1 g	$\%ABS = (S-A)/A =$	4,4

A=PESO SECO DE LA MUESTRA

S=PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIE SECA

B=PESO PICNOMETRO LLENO DE AGUA

C=PESO PICNOMETRO+MUESTRA+AGUA

LIMITES DE ATTERBERG



PRUEBA N° \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACION \_\_\_\_\_  
 MUESTRA N° \_\_\_\_\_ PROFUNDIDAD \_\_\_\_\_ HUECO \_\_\_\_\_  
 DESCRIPCION DEL MATERIAL \_\_\_\_\_  
 Gs \_\_\_\_\_

LIMITE LIQUIDO

DETERMINACION N°	1	2	3	4	5
N° DE GOLPES					
$W_c + W_w$ (gr.)					
$W_c - W_s$					
V					
$W_c$					
$W_s$					
% W					

NO MENCLATURA

- Gs : GRAVEDAD ESPECIFICA
- Ww : PESO HUMEDO DE MUESTRA
- Ws : PESO SECO DE MUESTRA
- Wc : PESO DEL RECIENTE
- V : CONTENIDO DE HUMEDAD
- %W : PORCENTAJE DE HUMEDAD

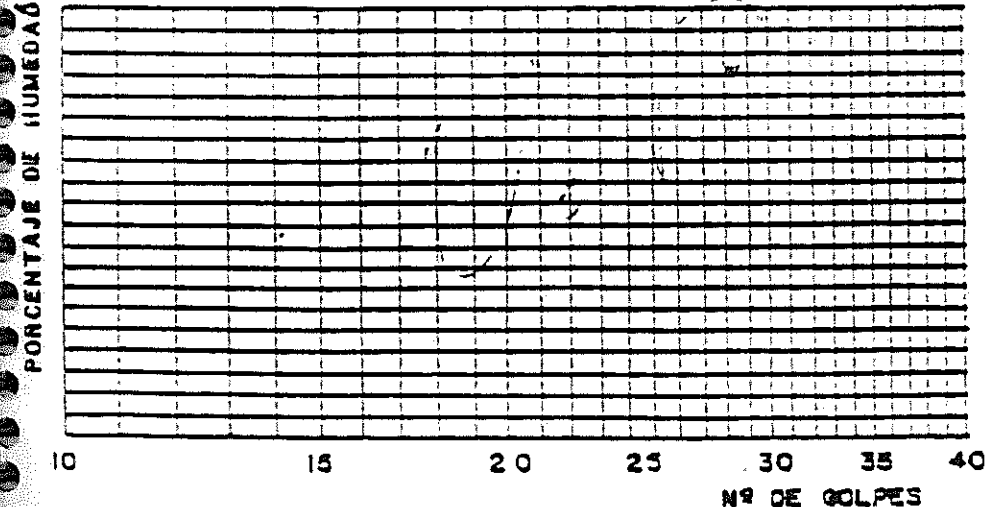
LIMITE PLASTICO

DETERMINACION N°	1	2	3
RECIENTE N°			
$W_c - W_w$ (gr.)			
$W_c + W_s$			
V			
$W_c$			
$W_s$			
% W			

LIMITE DE CONTRACCION

DETERMINACION N°	1	2	3	4
$W_s$ PASTILLA (gr.)				
$W_{hg} + W_c$				
$W_c$				
$W_{hg}$				
$W_g$ (VOL. PASTILLA)				
L.C. ( $W_s$ EN %)				

CURVA DE FLUJO



RESUMEN

LL :
LP :
IP :
LC :

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

EXPERIMENTADOR : \_\_\_\_\_  
 REVISADO POR : \_\_\_\_\_

FORMULA PARA EL LIMITE DE CONTRACCION (LC)  
 METODO USANDO LA Gs DEL SUELO Y DETERMINANDO EL VOLUMEN  
 DE LA PASTILLA POR EL Hg. DESPLAZADO

$$W_s = \frac{G_s \cdot V}{W_s} - \frac{G_f}{G_s}$$