

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Revisión de diseños de mezcla presentados
por los oferentes para las licitaciones
públicas No. 8-98 y 9-98 de la Municipalidad
de San José



LANAMME

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

ENERO DE 1999

Joseph Tabares Sánchez
8 enero 1999.



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

San José, 8 de enero de 1999.
LM-IC-D-012-99

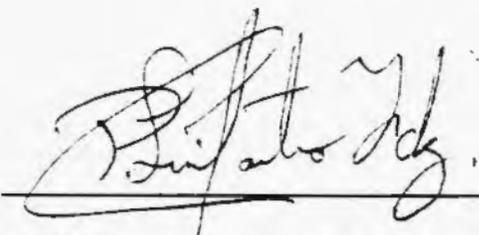
Señor
Ing. José Manuel Arce,
Municipalidad de San José

Estimado don José Manuel:

Por este medio me permito remitirle el informe denominado Revisión de diseños de mezcla presentados por los oferentes para las licitaciones públicas No. 8-98 y 9-98 de la Municipalidad de San José, en su versión definitiva.

Quedando a sus órdenes para cualquier aclaración o consulta adicional, me despido.

Atentamente,



MSCE. MBA. Pedro Castro Fernández,
Coordinador, Laboratorio de mezclas y ligantes bituminosos,
LANAMME, Universidad de Costa Rica.

**REVISION DE DISEÑOS DE MEZCLA PRESENTADOS POR
 LOS OFERENTES PARA LAS LICITACIONES PUBLICAS
 No. 8-98 Y 9-98
 DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN JOSE**

I - INTRODUCCION

El presente informe corresponde a la evaluación de los informes de diseño de mezcla presentados por los contratistas CONANSA, MECO y PEDREGAL, como parte de su oferta para las licitaciones públicas No. 8-98 y 9-98 de la Municipalidad de San José.

Debe considerarse que el diseño de mezcla en un proyecto de pavimentación corresponde a la proporción de agregado y ligante asfáltico que determina las condiciones óptimas de desempeño, debiendo haber apego total a las especificaciones contractuales.

Es fundamental que durante la ejecución de un proyecto se respete la dosificación de diseño (manteniéndose dentro del rango de variación tolerable en las especificaciones vigentes), no presentándose cambios en el tipo y origen de agregados, y/o tipo de ligante asfáltico, a no ser de que se respalden con un nuevo informe de diseño de mezcla. Adicionalmente deberán darse políticas adecuadas de manejo de apilamientos, calibración de la llama del quemador, control de temperatura y control de segregación de la mezcla asfáltica.

En el presente informe se analizan las propiedades del agregado y mezcla asfáltica de diseño, para cada contratista, y se contrastan contra la información presentada en los informes de diseño de mezcla respectivos. Los objetivos de tal comparación son:

- Evaluar el cumplimiento general de las especificaciones contractuales, de acuerdo con los términos de referencia del cartel.
- Evaluar el grado de variabilidad respecto a la información presentada en los informes de diseño de mezcla aportados por los contratistas. De esta manera se está estudiando la variabilidad de las fuentes de agregado, entre el momento de muestreo para la elaboración del diseño de mezcla y el muestreo para revisión del diseño de mezcla. La variabilidad de una fuente y/o manejos inadecuados de los apilamientos de agregado son determinantes de variabilidad fuera de tolerancia en una producción de mezcla asfáltica.



II - ESPECIFICACIONES VIGENTES

Los requisitos a cumplir en el diseño de mezcla para este proyecto se clasifican en dos tipos:

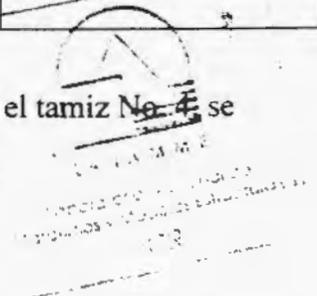
- Pruebas de aceptación para el agregado de diseño. Se entiende como agregado de diseño a la combinación de los diferentes tipos de agregado establecidos en el informe de diseño de mezcla, de acuerdo con la proporción de cada tipo de agregado establecida en el informe de diseño de mezcla.
- Pruebas de aceptación para el diseño de mezcla asfáltica. Utilizando el agregado de diseño, con la granulometría de diseño y el contenido óptimo de asfalto.

Las características del agregado de diseño se presentan en la Tabla No. 1 adjunta.

TABLA No. 1: Características del agregado de diseño.

Prueba	Especificación	Agregado grueso	Agregado fino
Angularidad de agregado retenido en tamiz No. 4	PENN DOT No. 621	Mínimo 85 % (una cara fracturada), mínimo 80 % (dos caras fracturadas)	No aplica
Angularidad de agregado pasando el tamiz No. 8	AASHTO TP-33	No aplica	Mínimo de 45 %
Partículas elongadas y planas	ASTM D-4791	Máximo del 10 %	No aplica
Equivalente de arena	AASHTO T-176	No aplica	Mínimo de 45 %
Abrasión en máquina de Los Angeles, en agregado retenido en tamiz No. 8	AASHTO T-96	Máximo del 40 %	Máximo del 40 %
Sanidad con sulfato de sodio	AASHTO T-104	Máximo del 12 %	Máximo del 12 %
Materiales deletéreos	AASHTO T-112	Máximo de 4 %	Máximo de 2 %

Nota: se entiende como agregado grueso a la fracción retenida en el tamiz No. 4 se entiende como agregado fino a la fracción que pasa el tamiz No. 4.



Los requisitos de granulometría se presentan en la Tabla No. 2 adjunta.

TABLA No. 2: Requisitos de granulometría de diseño (porcentajes pasando).

Tamiz	Puntos de control		Zona restringida	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
25		100	---	---
19	90	100	---	---
No. 8	23	49	34.6	34.6
No. 16	---	---	22.3	28.3
No. 30	---	---	16.7	20.7
No. 50	---	---	13.7	13.7
No. 200	2	8	---	---

Los requisitos para la mezcla asfáltica de diseño se presentan en la Tabla No. 3 adjunta.

TABLA No. 3: Requisitos para la mezcla asfáltica de diseño (al óptimo de asfalto).

Característica	Requisito	
	Mínimo	Máximo
Vacios en el agregado mineral (VAM)	13.0 %	---
Vacios llenos con asfalto (VFA)	65.0 %	78.0 %
Proporción polvo / asfalto	0.6	1.4
Resistencia a la tensión diametral retenida	80.0 %	---
Estabilidad Marshall	700 kg	---
Flujo Marshall	20 (1/100 cm)	40 (1/100 cm)
Vacios Marshall	3.0 %	5.0 %

III - CARACTERÍSTICAS DE LOS INFORMES DE DISEÑO DE MEZCLA

Los informes de diseño de mezcla analizados en este reporte tienen las características generales presentadas en la Tabla No. 4.

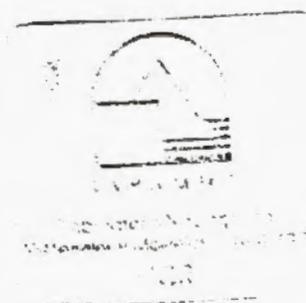


Tabla No. 4: Características generales de los informes de diseño de mezcla.

Contratista	Laboratorio	Fecha del informe
PEDREGAL	Vieto & Asociados	15 de noviembre de 1998
MECO	Vieto & Asociados	13 de noviembre de 1998
CONANSA	Vieto & Asociados	15 de noviembre de 1998

IV - CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO DE DISEÑO

El agregado se proporcionó, para cada uno de los diseños de mezcla evaluados, de acuerdo con las proporciones de diseño reportadas:

- PEDREGAL: 67 % de polvo de piedra del Quebrador Zurquí, 33 % de piedra quinta del Quebrador Belén.
- MECO: 72 % de piedra de chorro de Guápiles, 18 % de piedra quinta de Guápiles y 10 % de piedra cuartilla de Guápiles.
- CONANSA: 80 % de piedra de chorro 1024 de Guápiles y 20 % de piedra quinta de Guápiles.

Las características del agregado de diseño, para cada uno de los diseños de mezcla evaluados, se presentan en la Tabla No. 5 adjunta.

Los resultados generales de las pruebas de aceptación para el agregado de diseño de las tres ofertas evaluadas se presentan en el ANEXO I adjunto.

Nota: para efectos de verificar la granulometría del agregado de diseño, se contrasta el resultado del agregado dosificado en el laboratorio con la granulometría presentada en el informe de diseño de mezcla. Dada la imposibilidad física y poca probabilidad estadística de reproducir exactamente la misma granulometría en el laboratorio, se consideran los rangos de tolerancia permisible que establecen el CR-77; a saber:

- 5 % para el agregado de tamaño superior al retenido en la malla No. 4,
- 7 % para el agregado que pasa de la malla No. 4 a la malla No. 100, y
- 2 % para el agregado que pasa la malla No. 200.

Tabla No. 5: Resumen de resultados para agregado dosificado en proporciones de diseño.

PRUEBA	unidades	tamices	AGREGADO PEDREGAL (1)		AGREGADO MECO (1)		AGREGADO CONANSA (1)		Especificación	Zona restricción SUPERPAVE
			LANAMME	PEDREGAL	LANAMME	MECO	LANAMME	CONANSA		
Granulometria	% pasando	25.4 mm	100	100	100	100	100	100	100	34.6 22.3 - 28.3 16.7 - 20.7 13.7
	% pasando	19.0 mm	100	100	99.8	100	100	100	90-100	
	% pasando	12.50 mm	95.4	97	89.5	89	90.4	85		
	% pasando	9.50 mm	79.6	86	72	74	74.5	65		
	% pasando	No. 4	50.9	54	46.7	47	47.3	40		
	% pasando	No. 8	32.9	34	30.7	32	34	29	23-49	
	% pasando	No. 16	21.4	22	20.6	21	24.1	22		
	% pasando	No. 30	14.5	14	13.2	15	16.4	15		
	% pasando	No. 50	10.6	10	8.5	10	11.7	10		
% pasando	No. 200	6.3	5.2	3.7	5.1	5.4	5	2-8		
PRUEBAS DE ACEPTACION										
Grueso			2.69	2.466	2.58	2.604	2.59	2.59		
Fino			2.38	2.563	2.57	2.56	2.61	2.64		
Ponderado			2.52	2.52	2.58	2.58	2.60	2.61		
Absorción grueso	%		3.27	2.5	2.47	2.6	2.3	3		
Absorción fino	%		5.17	3.58	3.05	3.47	2.4	2.1		
Granos en finos no comp.	%		37.5	45.6	36.4	45	35.9	45	45 mínimo	
Granos en grueso	%		19.5	22.1	21.3	21.8	22.1	20.6	máximo 40	
Granos fracturados grueso	%		100	99.1	100	96	100	98	85 mínimo	
Granos plasticidad fino	%		NP	No reporta	NP	No reporta	NP	No reporta		
Granos equivalente arena fino	%		74.9	49	73.6	75	79	69	mínimo 45	
Granos cantidad con sulfato de sodio	%		2.67	6.7	4.82	4.9	1.76	4.5	máximo 12	
Granos partículas elongadas grueso	%		0	2	0	2.3	0	2.4	menor a 5	
Granos partículas friables fino	%		No hay	0.9 (2)	No hay	0.6 (2)	No hay	1 (2)	máximo 4%	

Notas:

Las pruebas de aceptación presentadas por el contratista se refieren al agregado de apilamiento, las pruebas de aceptación realizadas por el LANAMME se refieren al agregado proporcionado de acuerdo con el diseño de mezcla, de manera que se evalúan las propiedades del agregado de diseño. Se aclara, sin embargo, que todos los contratistas utilizan agregado de una sola fuente.

Se presentan los resultados de partículas friables para el agregado fino.

En estilo sombreado se presentan los valores que determinan un incumplimiento de especificaciones generales o desviaciones de los valores de diseño significativas (superiores al rango de tolerancia, en el caso de las granulometrías).



4-1. Agregado de diseño para PEDREGAL.

- En lo referente a la granulometría del agregado proporcionado según establece el informe de diseño de mezcla, se nota una desviación de 7.4 % respecto al valor presentado en el informe de diseño de mezcla, para el tamiz de 9.50 mm. La tolerancia para el porcentaje de agregado pasando el tamiz de 9.50 mm es 5 %.
- No se ha encontrado evidencia de un incumplimiento respecto a las pruebas de aceptación para el agregado de diseño, exceptuando la prueba de vacíos en el agregado fino no compactado (37.5 %).

4-2. Agregado de diseño para MECO.

- En lo referente a la granulometría del agregado proporcionado según establece el informe de diseño de mezcla, no se nota una desviación significativa; es decir las diferencias se ubican dentro del rango de tolerancia.
- No se ha encontrado evidencia de un incumplimiento respecto a las pruebas de aceptación para el agregado de diseño, exceptuando la prueba de vacíos en el agregado fino no compactado (36.4 %).

4-3. Agregado de diseño para CONANSA.

- En lo referente a la granulometría del agregado proporcionado según establece el diseño de mezcla, al contrastarla contra la granulometría de diseño, se aprecia una diferencia significativa en los casos de las mallas de 9.50 mm y No. 4.
- La granulometría del agregado proporcionado según diseño se ubica dentro de la zona de restricción SUPERPAVE, lo cual se contrapone a las especificaciones del cartel. Tal situación se presenta entre las mallas No. 8 y No. 30.
- No se ha encontrado evidencia de un incumplimiento respecto a las pruebas de aceptación para el agregado de diseño, exceptuando la prueba de vacíos en el agregado fino no compactado (35.9 %).

Nota: para este proyecto no rigen las especificaciones de granulometría establecidas por el CR-77, por contraponerse a las especificaciones SUPERPAVE para granulometría de tamaño nominal máximo de 19.0 mm, presentadas en las especificaciones especiales (cartel).



V - DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO

Una vez proporcionados los agregados de muestra suministrados, de acuerdo con la dosificación del informe de diseño de mezcla, se procedió a cribar el agregado combinado por tamices, con el propósito de reproducir la granulometría de diseño reportada en los informes de diseño de mezcla.

Las ventajas de reproducir la granulometría de diseño son:

- Reproducir el diseño de mezcla con la estructura granulométrica definida por el contratista, que será la granulometría meta de la producción. Se recuerda que es obligación del contratista reproducir la granulometría de diseño, con los rangos de tolerancia pertinentes, dada la variabilidad natural del proceso productivo.
- Verificar variabilidad por naturaleza de las fuentes de agregado y tipo de material, dado que se contrasta el resultado del diseño de mezcla con el reportado en el informe de diseño de mezcla. Dada una misma curva granulométrica, las diferencias en las características de mezcla asfáltica con los mismos porcentajes de asfalto analizados por el contratista durante la etapa de diseño de mezcla, tiene altas probabilidades de asociarse con cambios en las fuentes, tipo del agregado o vetas de origen.

La Tabla No. 6 presenta los resultados del diseño de mezcla presentado por el contratista, en contraste con los resultados de la verificación del diseño de mezcla realizado por el LANAMME, utilizando el contenido óptimo de asfalto presentado por el contratista.

La Tabla No. 7 presenta los resultados del diseño de mezcla presentado por el contratista, en contraste con los resultados de la verificación del diseño de mezcla realizado por el LANAMME, utilizando el contenido óptimo de asfalto determinado por el LANAMME.

Nota: la mezcla se realizó a la temperatura de mezcla promedio del ligante (viscosidad cinemática de 170 centi Stokes), la compactación se realizó a la temperatura de compactación promedio del ligante (viscosidad cinemática de 280 centi Stokes). Previo a la compactación se utilizó un período de cura a 135°C durante 4 horas.



Tabla No. 6: Propiedades de la mezcla asfáltica con contenido óptimo de asfalto según informe de diseño de mezcla del contratista.

PROPIEDAD	unidades	PEDREGAL		MECO		CONANSA	
		LANAMME	PEDREGAL	LANAMME	MECO	LANAMME	CONANSA
% asfalto peso mezcla	%	6.85	6.85	6.08	6.08	5.55	5.55
% asfalto peso agregado	%	7.40	7.40	6.50	6.50	5.90	5.90
Estabilidad	kg	1325.00	1370.00	1375.00	1120.0	1330.0	1545.0
Flujo	(1/100 cm)	37.00	37.34	37.00	35.8	32.5	34.3
Densidad	kg/m3	2140.00	2216.00	2275.00	2334.0	2290.0	2365.0
Vacios	%	8.00	4.20	7.00	4.1	6.0	4.0
VAM	%	17.75	18.65	17.00	16.5	16.6	14.9
VFA	%	54.93	77.00	58.8	75.2	63.9	73.1
Proporción polvo / asfalto		0.77	0.77	0.93	0.93	1.04	1.04

Tabla No. 7: Propiedades de la mezcla asfáltica con contenido óptimo de asfalto según verificación del diseño de mezcla por el LANAMME.

PROPIEDAD	unidades	PEDREGAL		MECO		CONANSA	
		LANAMME	PEDREGAL	LANAMME	MECO	LANAMME	CONANSA
% asfalto peso mezcla	%	(*)	(*)	7.15	7.15	6.72	6.72
% asfalto peso agregado	%	(*)	(*)	7.75	7.75	7.25	7.25
Estabilidad	kg	(*)	(*)	1100.00	1040.0	1100.0	Fuera de escala
Flujo	(1/100 cm)	(*)	(*)	40.00	39.4	32.0	Fuera de escala
Densidad	kg/m3	(*)	(*)	2270.00	2350.0	2300.0	Fuera de escala
Vacios	%	(*)	(*)	4.50	2.8	4.5	Fuera de escala
VAM	%	(*)	(*)	16.80	16.5	17.5	Fuera de escala
VFA	%	(*)	(*)	73.21	83.03	74.3	Fuera de escala
Proporción polvo / asfalto		(*)	(*)	0.71	0.71	0.74	0.74

Nota:

*) Para la granulometría reportada en el informe de diseño de mezcla, no fue posible determinar un contenido de asfalto que cumple simultáneamente con las especificaciones de flujo y con las de vacíos, de la normativa vigente.

5-1. Diseño de mezcla de PEDREGAL.

5-1-1. Comentarios respecto al informe de diseño de mezcla aportado por el contratista.

La información aportada por el contratista demuestra un cumplimiento total de las especificaciones pertinentes.

Respecto a la posibilidad de producir mezcla asfáltica dentro de especificaciones y tolerancias, a partir de los valores de diseño reportadas, se puede establecer:

- El porcentaje de vacíos llenos con asfalto (VFA de 77.0 %), para el contenido óptimo de asfalto está muy cerca del límite superior de la especificación (78.0 %). Así, es de esperar que, dada la variabilidad normal de un proceso productivo, existan incumplimientos, especialmente cuando se da la tolerancia positiva en el contenido de asfalto (hasta 0.5 % sobre el valor óptimo de diseño).

5-1-2. Respecto a la verificación del diseño por el LANAMME.

A partir de las muestras de agregado recibidas y la granulometría de diseño, no fue posible lograr un contenido de vacíos dentro del rango de 3.0 a 5.0 %, sin que se lograra un flujo dentro de especificación (20 a 40 centésimas de centímetro), ni un valor de vacíos llenos con asfalto dentro del rango especificado (65.0 a 78.0 %).

Este diseño de mezcla se repitió en dos oportunidades, con similares resultados.

Las curvas de diseño derivadas a partir del agregado y ligante asfáltico aportados por el contratista se presentan en el Anexo II adjunto.

El hecho de que no se pudiera obtener un contenido óptimo de asfalto para las condiciones particulares del agregado: fuente, tipo y granulometría, así como del ligante asfáltico aportado, se puede deber a las siguientes posibles causas:

- Posibilidad de que al menos uno de los apilamientos del agregado muestreado corresponda a una fuente diferente a la utilizada para realizar el informe de diseño de mezcla.
- Posibilidad de cambios significativos entre el ligante asfáltico muestreado y el ligante asfáltico utilizado para realizar el informe de diseño de mezcla.



5-2. Diseño de mezcla de MECO.

5-2-1. Comentarios respecto al informe de diseño de mezcla aportado por el contratista.

La información aportada por el contratista demuestra un cumplimiento total de las especificaciones pertinentes.

5-2-2. Respeto a la verificación del diseño por el LANAMME.

Existe una diferencia de aproximadamente 1.25 % de asfalto entre el contenido óptimo de asfalto presentado en el informe de diseño de mezcla y el contenido óptimo de asfalto derivado de la verificación del diseño.

La discrepancia entre los resultados del contenido óptimo de asfalto se puede relacionar con las siguientes causas:

- Diferencia de resultados entre laboratorios, justificada con base en las diferencias de personal y equipos.
- Diferencias en la muestra tomada. Diferencias en las características del ligante asfáltico muestreado y las características del agregado muestreado.

5-3. Diseño de mezcla de CONANSA.

5-3-1. Comentarios respecto al informe de diseño de mezcla aportado por el contratista.

La información aportada por el contratista demuestra un cumplimiento total de las especificaciones pertinentes.

5-3-2. Respeto a la verificación del diseño por el LANAMME.

Existe una diferencia de aproximadamente 1.35 % de asfalto entre el contenido óptimo de asfalto presentado en el informe de diseño de mezcla y el contenido óptimo de asfalto derivado de la verificación del diseño.



La discrepancia entre los resultados del contenido óptimo de asfalto se puede relacionar con las siguientes causas:

- Diferencia de resultados entre laboratorios, justificada con base en las diferencias de personal y equipos.
- Diferencias en la muestra tomada. Diferencias en las características del ligante asfáltico muestreado y las características del agregado muestreado.

VI - EVALUACION DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LA HUMEDAD

La susceptibilidad a la humedad se evaluó a partir de la prueba de resistencia a la tensión diametral retenida, para la mezcla con la granulometría y contenido óptimo de asfalto reportados en el diseño de mezcla presentado por el contratista.

El procedimiento de evaluación fue el siguiente:

- Preparación de la mezcla asfáltica a la temperatura de mezcla para el ligante.
- Curado de la mezcla a 60°C por 16 horas.
- Compactación a un contenido de vacíos entre 6.0 y 8.0 %.
- Reposo a temperatura ambiente durante 96 horas.
- Saturación de la mitad de especímenes en agua a 60°C por 24 horas.
- Falla por tensión diametral de los especímenes secos y condicionados en agua a 60°C por 24 horas.

La Tabla No. 8 presenta los resultados de la prueba de tensión diametral retenida realizada con el contenido óptimo de asfalto según el informe de diseño de mezcla presentado por el contratista.



**Resultados de tensión diametral con contenido de asfalto óptimo
según informe de diseño de mezcla presentado por el contratista.**

PROPIEDAD	unidades	PEDREGAL		MECO		CONANSA	
		LANAMME	PEDREGAL	LANAMME	MECO	LANAMME	CONANSA
% asfalto peso mezcla	%	7.45	7.45	6.47	6.47	5.90	5.90
% asfalto peso agregado	%	8.11	8.11	6.95	6.95	6.27	6.27
especímenes secos							
tensión diametral falla	kg/cm ²	8.00	3.77 Pa	9.33	3.61 Pa	10.3	3.97 Pa
porcentaje de vacíos	%	10.60	6.50	7.20	6.5	7.7	7.3
especímenes condicionados							
tensión diametral falla	kg/cm ²	6.67	3.01 Pa	9.33	2.93 Pa	9.7	3.21 Pa
porcentaje de vacíos	%	10.50	6.50	7.40	6.5	7.8	7.3
porcentaje resistencia a la tensión diametral retenida	%	83.38	80.00	100.00	81.0	93.6	81.0

Nota: los resultados reportados por el contratista se han transcrito en las mismas unidades en que se reportaron.

Handwritten signature and a circular stamp, likely an official seal or signature of the contractor or engineer.

6-1. Diseño de mezcla de PEDREGAL.

Los especímenes compactados en el laboratorio presentaron un contenido de vacíos de 10.60 %, que supera el rango de vacíos para la prueba (6.0 a 8.0 %). Sin embargo, la resistencia a la tensión diametral retenida es satisfactoria (83.38 %).

Es de esperar que, con menores contenidos de vacíos, la resistencia retenida (términos porcentuales) se incremente, superando por un mayor margen el mínimo establecido de 80 %.

6-2. Diseño de mezcla de MECO.

Los especímenes compactados a 7.40 % determinan una resistencia a la tensión diametral retenida de 100 %. La resistencia a la tensión diametral retenida es satisfactoria.

6-3. Diseño de mezcla de CONANSA.

Los especímenes compactados a 7.80 % determinan una resistencia a la tensión diametral retenida de 93.6 %. La resistencia a la tensión diametral retenida es satisfactoria.

VII - CONCLUSIONES GENERALES

7-1. Respecto al agregado de diseño.

El agregado de diseño tanto de la oferta de PEDREGAL, como de MECO y CONANSA satisface los requisitos especificados, exceptuando el porcentaje de vacíos en el agregado fino no compactado de los tres contratistas.

La metodología SUPERPAVE establece un porcentaje de vacíos en el agregado fino mínimo de 45 % para carpetas asfálticas con tránsito superior a 3 millones de ejes equivalentes. En el caso de niveles de tránsito menores a 3 millones de ejes equivalentes se permite un porcentaje de vacíos en el agregado fino de no menos de 40 %. En este estudio se ha presentado un incumplimiento en esta prueba, para los tres oferentes; así, se recomienda analizar a fondo la aplicabilidad de la norma SUPERPAVE y su adaptación para las condiciones particulares de nuestro medio. En la Sección 7.5, Recomendaciones finales, se presenta un criterio respecto a la manera de proceder a este respecto.



7-2. Respeto a la granulometría de diseño.

Al combinar los agregados de apilamiento suministrados por los oferentes, de acuerdo con las proporciones de diseño para cada caso, ocurrió la siguiente situación:

- El agregado de MECO cumplió con los rangos de tolerancia a la granulometría de diseño (CR-77) y además cumplió con las especificaciones del cartel.
- El agregado de PEDREGAL cumplió con las especificaciones del cartel, pero presenta un incumplimiento en el rango de tolerancia para el tamiz de 9.50 mm.
- El agregado de CONANSA no cumple con los rangos de tolerancia vigentes para los tamices de 9.50 mm y No. 4. Adicionalmente la granulometría cruza la zona de restricción de SUPERPAVE. Cruzar la zona de restricción de SUPERPAVE denota una posibilidad considerable de lograr contenidos de vacíos bajos en la mezcla, así como deformabilidad plástica considerable.

7-3. Respeto a la verificación de los contenidos óptimos de asfalto.

Los diseños de mezcla de MECO y CONANSA fueron verificados en el laboratorio, obteniéndose diferencias en el contenido óptimo de asfalto de poco más de 1 %. Las posibles causas de tal discrepancia son: variabilidad de las fuentes de agregado, eventuales cambios en las fuentes y/o vetas de explotación de los agregados y diferencias en los equipos y personal experimentador. La evidencia no es concluyente en el sentido de existan discrepancias no relacionadas con la variabilidad experimental.

El diseño de mezcla de PEDREGAL fue sujeto de revisiones sucesivas, dado que no se pudo lograr un cumplimiento total de especificaciones, en la verificación del diseño de mezcla, con la granulometría presentada en el informe de diseño de mezcla y con las muestras de agregado y ligante asfáltico aportadas. Como conclusión se puede establecer que, dadas las características de las muestras de agregado y ligante asfáltico recibidas, no es posible reproducir el diseño de mezcla suministrado por el contratista, independientemente de la variabilidad experimental que se pueda haber presentado.

7-4. Respeto a la susceptibilidad a la humedad.

Todas las mezclas asfálticas reproducidas con el contenido óptimo de asfalto reportado en el informe de diseño de mezcla, así como con la granulometría indicada en el informe de diseño de mezcla, presentan un cumplimiento satisfactorio en la prueba de resistencia a la tensión diametral retenida.

No hay evidencia, desde el punto de vista de la prueba de resistencia a la tensión diametral retenida, de una susceptibilidad a la humedad inadecuada en ninguna de las muestras analizadas.

Debe tomarse en cuenta que, para obtener un buen desempeño en sitio, desde el punto de vista de resistencia a la presencia de humedad, se requiere de:

- Adecuados sistemas de drenaje: bombeo lateral y sistema de drenaje.
- Producción de mezcla asfáltica dentro de los rangos de tolerancia para granulometría y contenido de asfalto, así como con control de temperatura y cuidados para evitar la segregación de la mezcla.

La Tabla No. 9 presenta un resumen general de los diferentes ítems revisados y analizados en este informe.



ABLA No. 9: Resumen general de ítemes de calidad analizados.

EM	PEDREGAL	MECO	CONANSA
GREGADOS			
anulometría	incumple tolerancia 9.50 mm	satisfactoria	incumple especificaciones y rangos de tolerancia varios
ciños en finos no comp.	incumple especificación	incumple especificación	incumple especificación
eración en grueso	satisfactoria	satisfactoria	satisfactoria
ras fracturadas grueso	satisfactoria	satisfactoria	satisfactoria
hite plasticidad fino	satisfactoria	satisfactoria	satisfactoria
uivalente arena fino	satisfactoria	satisfactoria	satisfactoria
nidad con sulfato de sodio	satisfactoria	satisfactoria	satisfactoria
rtículas elongadas grueso	satisfactoria	satisfactoria	satisfactoria
rtículas friables fino	satisfactoria	satisfactoria	satisfactoria
MEZCLA ASFALTICA CON OPTIMO SEGÚN INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA PORTADO			
tabilidad	satisfactoria	satisfactoria	satisfactoria
jo	satisfactoria	satisfactoria	satisfactoria
ciños	satisfactoria	satisfactoria	satisfactoria
AM	satisfactoria	satisfactoria	satisfactoria
FA	se acerca al límite especificado	satisfactoria	satisfactoria
oporción polvo / asfalto	satisfactoria	satisfactoria	satisfactoria
VERIFICACION DEL DISEÑO DE MEZCLA EN EL LANAMME			
	no fue posible determinar un contenido óptimo de asfalto con cumplimiento total de especificaciones	diferencia en contenido óptimo de asfalto contratista - LANAMME de 1.07 % por peso total agregado (1.25 % por peso total de mezcla)	diferencia en contenido óptimo de asfalto contratista - LANAMME de 1.17 % por peso total de agregado (1.35 % por peso total de mezcla)
SUSCEPTIBILIDAD A LA HUMEDAD CON OPTIMO SEGÚN INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA PORTADO			
ensión diametral retenida las 24 horas	satisfactoria	satisfactoria	satisfactoria

7-5. Recomendaciones finales.

- Es posible desestimar el incumplimiento del porcentaje de vacíos no compactados en el agregado fino, siempre y cuando se den las siguientes situaciones:
 - Control periódico del agregado de diseño, verificando que cuando menos se supere un 35 % de vacíos no compactados en el agregado fino.
 - Control periódico de la estabilidad y flujo de la producción de mezcla asfáltica. Debe cumplirse la normativa para estabilidad y flujo que establece el CR-77.
 - Control periódico de la compactación en sitio. Debe garantizarse que, en sitio, se logre el 95 % de la densidad para el contenido óptimo de asfalto. Simultáneamente debe garantizarse que no se logre un nivel de compactación muy elevado, que denote una mezcla con contenido de vacíos menor al 3.0 %, lo cual favorecería la deformación plástica y la exudación.
- Es fundamental que el contratista ponga en práctica un sistema de control de calidad, con entrega de certificados de calidad periódicos y que abarquen una muestra representativa de la producción. Los informes de control de calidad deben incluir el seguimiento histórico del contenido de asfalto, granulometría, parámetros Marshall y susceptibilidad a la humedad (en este caso resistencia a la tensión diametral retenida).
- Es indispensable que el contratista reporte cualquier cambio significativo en la fórmula de trabajo (diseño de mezcla puesto en práctica), de manera que garantice el cumplimiento general de las especificaciones vigentes. Debe presentarse un nuevo informe de diseño de mezcla cada vez que se cambie la fuente de agregados, su veta de explotación, o el tipo de asfalto a utilizar.



ANEXO I

PRUEBAS DE ACEPTACION
PARA EL AGREGADO



CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

ANALISIS GRANULOMETRICO

FECHA 03 de diciembre de 1998
 PROYECTO Municipalidad de San José

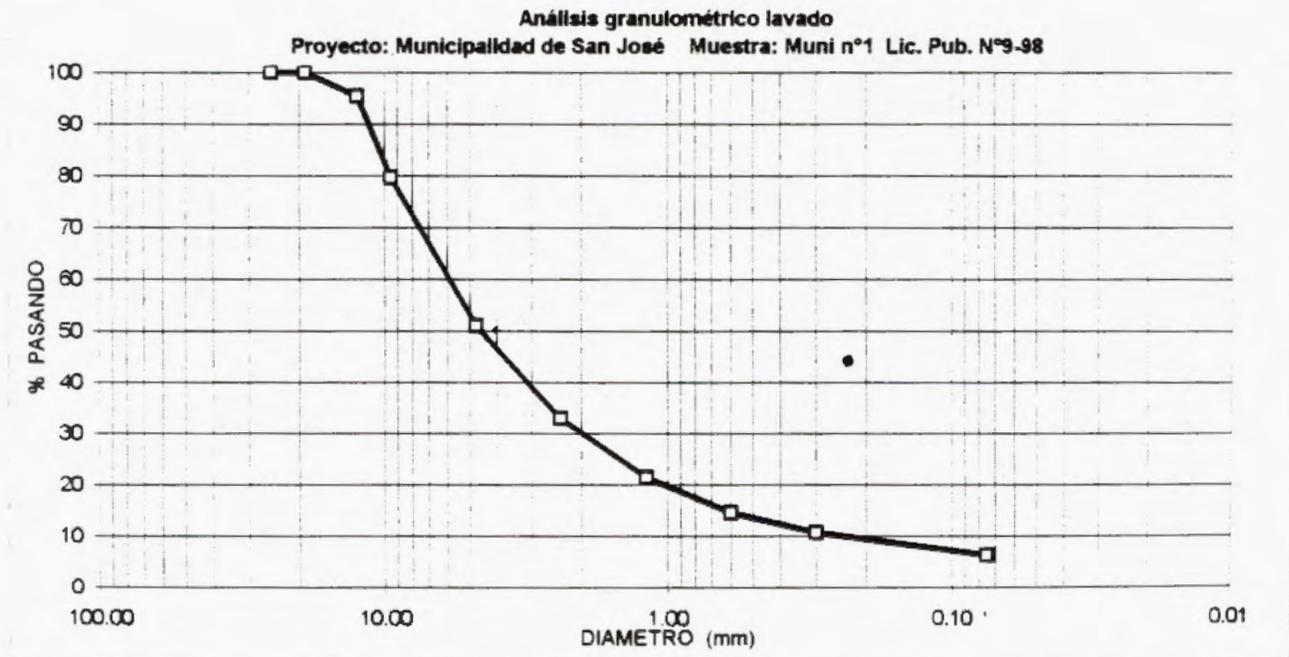
MUESTRA : Mun n°1
 Lic. Pub. N°9-98
 UBICACIÓN: Material de apilamiento. Planta Belén
 CONTRATISTA: Pedregal
 DESCRIPCION: Dosificar 67% polvo de piedra y 33% quintilla.

Análisis mecánico (lavado)

PESO INICIAL: 8217.5 g

PESO FINAL: 7687.5 g

Malla No.	Abertura (mm)	Peso Ret. (g)	% Ret.	% Ret. Ac.	% Pas.
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	376.1	4.6	4.6	95.4
3/8"	9.50	1300.7	15.8	20.4	79.6
N° 4	4.75	2354.4	28.7	49.1	50.9
N°8	2.36	1481.9	18.0	67.1	32.9
N°16	1.18	943.8	11.5	78.6	21.4
N°30	0.60	570.2	6.9	85.5	14.5
N°50	0.30	317.3	3.9	89.4	10.6
N°200	0.075	354.8	4.3	93.7	6.3



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

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION

FECHA 01 de diciembre de 1998
 PROYECTO **Municipalidad de San José**
 MUESTRA N°: Muni n°1
 Lic. Pub. N°9-98
 UBICACION: Material de apilamiento. Planta Belén
 CONTRATISTA: Pedregal
 DESCRIPCION: Dosificar 67% polvo de piedra y 33% quintilla.

Picnometro N°	4	A =	475.4 g
Peso del picnometro	174.4 g	B =	672.8 g
Peso picnom.+muestra	674.4 g	S =	500.0 g
Peso picn+muestra+agua	973.3 g	C =	973.3 g
Temperatura	22 °C	$G_{bs} = A/(B+S-C) =$	1.38
Capsula N°	B5	$G_{bsss} = S/(B+S-C) =$	2.51
Peso cápsula	133.2 g	$G_s = A/(B+A-C) =$	2.72
Peso seco+ Cápsula	608.6 g	$\%ABS = (S-A)/A =$	5.17

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

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

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION

FECHA 01 de diciembre de 1998
PROYECTO **Municipalidad de San José**

MUESTRA N°: Muni n°1
Lic. Pub. N°9-98

UBICACION: Material de apilamiento. Planta Belén

CONTRATISTA: Pedregal

DESCRIPCION: Dosificar 67% polvo de piedra y 33% quintilla.

Peso seco (Ps) :	4856.0 g
Peso Saturado Superficie Seca (P _{sss}) :	5014.8 g
Peso Sumergido (P _{sum.}) :	3051.2 g
$G_{bs} = P_s / (P_{sss} - P_{sum.}) =$	2.47
$G_{bsss} = P_{sss} / (P_{sss} - P_{sum.}) =$	2.55
$G_s = P_s / (P_s - P_{sum.}) =$	2.69
$\% \text{ ABS} = (P_{sss} - P_s) / P_s * 100 =$	3.27

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

**VACIOS EN FINOS NO COMPACTADOS
 ASTM C-1250**

FECHA: 01 de diciembre de 1998
 PROYECTO: **Municipalidad de San José**
 MUESTRA N°: Muni n°1
 Lic. Pub. N°9-98
 UBICACION: Material de apilamiento. Planta Belén
 CONTRATISTA: Pedregal
 DESCRIPCION: Dosificar 67% polvo de piedra y 33% quintilla.

Peso específico bruto del material: (G_{bs}) 2.38
Volumen del recipiente : (V) 100.08 cm³

Muestra N°	Peso arena + recipiente (g)	Peso recipiente (g)	Peso arena (g)
1	447.56	296.20	151.36
2	439.52	296.20	143.32
3	447.82	296.20	151.62
Promedio			148.77

% de vacios no compactados: $U = \frac{V - (F/G_{bs})}{V} * 100 = 37.5 \%$

donde:

V: volumen del recipiente
 F: peso neto del agregado fino
 G_{bs}: peso específico bruto del agregado
 U: vacios en la muestra

NOTA:

- Este informe no constituye un certificado de calidad.

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

FECHA 04 de diciembre de 1998
 PROYECTO Municipalidad de San José

MUESTRA: Muni n°1
 Lic. Pub. N°9-98

**EQUIVALENTE DE ARENA
 AASHTO T-176-86**

Identificación Muestra	LECTURA ARCILLA (mm)	LECTURA ARENA (mm)	EQUIVALENTE DE ARENA
Muni n°1	116	85	73.3
Lic. Pub. N°9-98	118	88	74.6
Ubicación: Material de apilamiento.	117	90	76.9
Planta Belén		PROMEDIO	74.9
Contratista: Pedregal			
Descripción: Dosificar 67% polvo de piedra y 33% quintilla.			

**PARTICULAS FRIABLES
 AASHTO T 112-91**

Identificación Muestra	Observación
Muni n°1	No presenta partículas friables
Lic. Pub. N°9-98	
Ubicación: Material de apilamiento.	
Planta Belén	
Contratista: Pedregal	
Descripción: Dosificar 67% polvo de piedra y 33% quintilla.	

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

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

PRUEBA DE CUBICIDAD DE PARTICULAS

FECHA: 08 de diciembre de 1998

MUESTRA N°: Muni n°1

PROYECTO: **Municipalidad de San José**

Lic. Pub. N°9-98

UBICACION: Material de apilamiento. Planta Belén

CONTRATISTA: Pedregal

DESCRIPCION: Dosificar 67% polvo de piedra y 33% quintilla.

PARTICULA No.	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	RELACION LARGO-ANCHO	RELACION ANCHO-ESPESOR
1	21.73	17.07	12.08	1.3	1.4
2	33.06	14.11	5.53	2.3	2.6
3	17.53	11.63	7.38	1.5	1.6
4	22.11	13.54	8.04	1.6	1.7
5	20.97	17.43	11.38	1.2	1.5
6	26.92	13.55	4.55	2.0	3.0
7	18.67	8.52	3.93	2.2	2.2
8	24.74	13.29	6.73	1.9	2.0
9	27.16	12.65	7.68	2.1	1.6
10	19.41	8.86	2.81	2.2	3.2
11	22.34	17.17	8.31	1.3	2.1
12	11.28	10.18	2.91	1.1	3.5
13	19.45	13.75	4.90	1.4	2.8
14	30.66	9.12	6.25	3.4	1.5
15	17.02	12.91	6.08	1.3	2.1
16	22.29	11.84	4.63	1.9	2.6
17	18.80	13.40	10.63	1.4	1.3
18	16.30	9.51	4.67	1.7	2.0
19	19.83	15.69	12.16	1.3	1.3
20	20.05	13.10	5.25	1.5	2.5
21	22.89	14.86	9.21	1.5	1.6
22	12.47	6.37	2.25	2.0	2.8
23	11.01	8.81	5.31	1.2	1.7
24	16.87	8.03	3.25	2.1	2.5
25	18.77	14.30	9.60	1.3	1.5
26	17.87	15.64	9.84	1.1	1.6
27	14.52	7.33	4.38	2.0	1.7
28	20.51	9.38	2.41	2.2	3.9
29	10.78	4.41	2.77	2.4	1.6

NOTA: Este informe no constituye un certificado de calidad

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

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

PRUEBA DE CUBICIDAD DE PARTICULAS

FECHA: 08 de diciembre de 1998
 PROYECTO: **Municipalidad de San José**

MUESTRA N°: Muni n°1
 Lic. Pub. N°9-96
 UBICACION: Material de apilamiento. Planta Belén
 CONTRATISTA: Pedregal
 DESCRIPCION: Dosificar 67% polvo de piedra y 33% quintilla.

PARTICULA No.	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	RELACION LARGO-ANCHO	RELACION ANCHO-ESPESOR
30	15.89	10.78	7.61	1.5	1.4
31	20.11	12.68	8.50	1.6	1.5
32	20.62	13.70	11.72	1.5	1.2
33	13.99	4.55	3.20	3.1	1.4
34	15.03	8.28	4.59	1.8	1.8
35	14.00	8.63	2.59	1.6	3.3
36	23.62	13.97	12.61	1.7	1.1
37	15.96	4.94	3.66	3.2	1.3
38	12.17	8.62	3.15	1.4	2.7
39	12.89	7.74	4.35	1.7	1.8
40	11.25	6.50	2.42	1.7	2.7
41	15.49	8.47	3.40	1.8	2.5
42	13.79	4.50	2.50	3.1	1.8
43	19.19	7.96	4.23	2.4	1.9
44	17.08	11.66	8.85	1.5	1.3
45	18.00	13.86	7.19	1.3	1.9
46	9.99	8.28	4.47	1.2	1.9
47	9.88	7.96	5.29	1.2	1.5
48	14.69	12.39	7.04	1.2	1.8
49	15.14	10.67	8.86	1.4	1.2
50	14.42	8.75	4.99	1.6	1.8
51	18.63	12.17	8.14	1.5	1.5
52	13.93	11.82	6.11	1.2	1.9
53	11.41	5.00	2.82	2.3	1.8
54	12.88	5.81	3.10	2.2	1.9
55	17.86	8.75	7.34	2.0	1.2
56	14.29	9.33	2.30	1.5	4.1
57	7.22	5.93	3.76	1.2	1.6
58	12.07	6.28	2.23	1.9	2.8

NOTA: Este informe no constituye un certificado de calidad

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

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

PRUEBA DE CUBICIDAD DE PARTICULAS

FECHA: 08 de diciembre de 1998
 PROYECTO: **Municipalidad de San José**

MUESTRA N°: Muni n°1

Lic. Pub. N°9-98

UBICACION: Material de apilamiento. Planta Belén

CONTRATISTA: Pedregal

DESCRIPCION: Dosificar 67% polvo de piedra y 33% quintilla.

PARTICULA No.	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	RELACION LARGO-ANCHO	RELACION ANCHO-ESPESOR
59	12.79	5.78	4.42	2.2	1.3
60	17.82	16.26	11.78	1.1	1.4
61	11.72	14.76	10.34	0.8	1.4
62	15.65	9.19	5.25	1.7	1.8
63	20.21	13.88	12.07	1.5	1.1
64	17.67	14.43	12.42	1.2	1.2
65	18.19	12.91	7.06	1.4	1.8
66	7.88	6.69	2.02	1.2	3.3
67	12.54	5.57	3.66	2.3	1.5
68	18.06	6.27	3.91	2.9	1.6
69	15.63	15.27	9.83	1.0	1.6
70	15.44	14.80	13.22	1.0	1.1
71	8.77	7.62	4.56	1.2	1.7
72	10.08	7.41	2.59	1.4	2.9
73	14.16	8.01	5.30	1.8	1.5
74	10.09	5.78	4.39	1.7	1.3
75	9.45	5.23	4.59	1.8	1.1
76	13.18	10.80	8.24	1.2	1.3
77	17.12	12.17	10.30	1.4	1.2
78	15.60	8.50	8.42	1.8	1.0
79	13.49	10.04	8.73	1.3	1.2
80	16.56	15.11	6.56	1.1	2.3
81	13.58	11.36	9.04	1.2	1.3
82	19.59	16.46	10.28	1.2	1.6
83	12.35	5.93	2.85	2.1	2.1
84	13.11	10.68	4.53	1.2	2.4
85	15.36	13.13	9.51	1.2	1.4
86	18.17	11.96	10.20	1.5	1.2
87	19.60	13.83	9.69	1.4	1.4

NOTA: Este informe no constituye un certificado de calidad

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

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

PRUEBA DE CUBICIDAD DE PARTICULAS

FECHA: 08 de diciembre de 1998
 PROYECTO: **Municipalidad de San José**

MUESTRA N°: Muni n°1
 Lic. Pub. N°9-98
 UBICACION: Material de apilamiento. Planta Belén
 CONTRATISTA: Pedregal
 DESCRIPCION: Dosificar 67% polvo de piedra y 33% quintilla.

PARTICULA No.	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	RELACION LARGO-ANCHO	RELACION ANCHO-ESPESOR
88	15.57	9.18	5.10	1.7	1.8
89	14.33	6.38	3.95	2.2	1.6
90	12.78	11.34	4.40	1.1	2.6
91	17.48	11.38	9.10	1.5	1.3
92	18.79	12.71	9.09	1.5	1.4
93	12.15	5.86	3.84	2.1	1.5
94	8.85	7.15	4.56	1.2	1.6
95	15.19	14.00	10.37	1.1	1.4
96	13.57	10.59	7.86	1.3	1.3
97	14.90	9.98	5.82	1.5	1.7
98	11.23	7.11	3.88	1.6	1.8
99	17.16	12.82	5.43	1.3	2.4
100	14.36	7.86	4.73	1.8	1.7
101	18.03	11.17	8.25	1.6	1.4
102	13.96	10.16	4.65	1.4	2.2
103	17.16	9.64	8.26	1.8	1.2
104	14.38	6.37	5.36	2.3	1.2
105	13.46	12.69	9.91	1.1	1.3
106	11.57	11.24	8.11	1.0	1.4
107	19.02	8.32	7.52	2.3	1.1
108	12.42	9.96	5.62	1.2	1.8
109	14.43	12.08	6.47	1.2	1.9
110	13.87	8.62	5.26	1.6	1.6
111	15.48	12.37	7.81	1.3	1.6
112	15.67	10.97	7.42	1.4	1.5
113	11.89	7.04	3.93	1.7	1.8
114	14.79	9.34	6.33	1.6	1.5
115	20.93	15.14	10.79	1.4	1.4
116	12.05	8.30	3.99	1.5	2.1

NOTA: Este informe no constituye un certificado de calidad

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

RESULTADOS
DISGREGABILIDAD EN SULFATO DE SODIO

FECHA: 04 de enero de 1999 MUESTRA : Mun n°1
 PROYECTO: Municipalidad de San José Lic. Pub. N°9-98
 UBICACIÓN: Material de apilamiento. Planta Belén
 CONTRATISTA: Pedregal
 DESCRIPCIÓN: Dosificar 67% polvo de piedra y 33% quintilla.

Tamaño Nominal malla	Abertura malla (mm)	RETENIDO (%)	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	% PONDERADO DE PERDIDA (%)
1"	25.00	0.0			
3/4"	19.00	0.0			
1/2"	12.50	4.6			
3/8"	9.50	15.8	1001.1	999.8	0.03
N° 4	4.75	28.7	300.0	295.9	0.39
N°8	2.36	18.0	100.0	91.3	1.58
N°16	1.18	11.5	100.0	98.3	0.20
N°30	0.60	6.9	100.0	95.0	0.35
N°50	0.30	3.9	100.0	96.8	0.12
N°200	0.075	4.3			
% DISGREGABILIDAD					2.67

NOTAS: El % Retenido de la tabla pertenece al ensayo original de granulometría del material

Las muestras son expuestas a cinco ciclos de inmersión en la solución de sulfato de sodio y posteriormente fueron secadas al horno.
 Cada ciclo tiene una duración de 5 días

Ensayo según ASTM C-88

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

ANALISIS GRANULOMETRICO

FECHA 02 de diciembre de 1998
 PROYECTO **Municipalidad de San José**

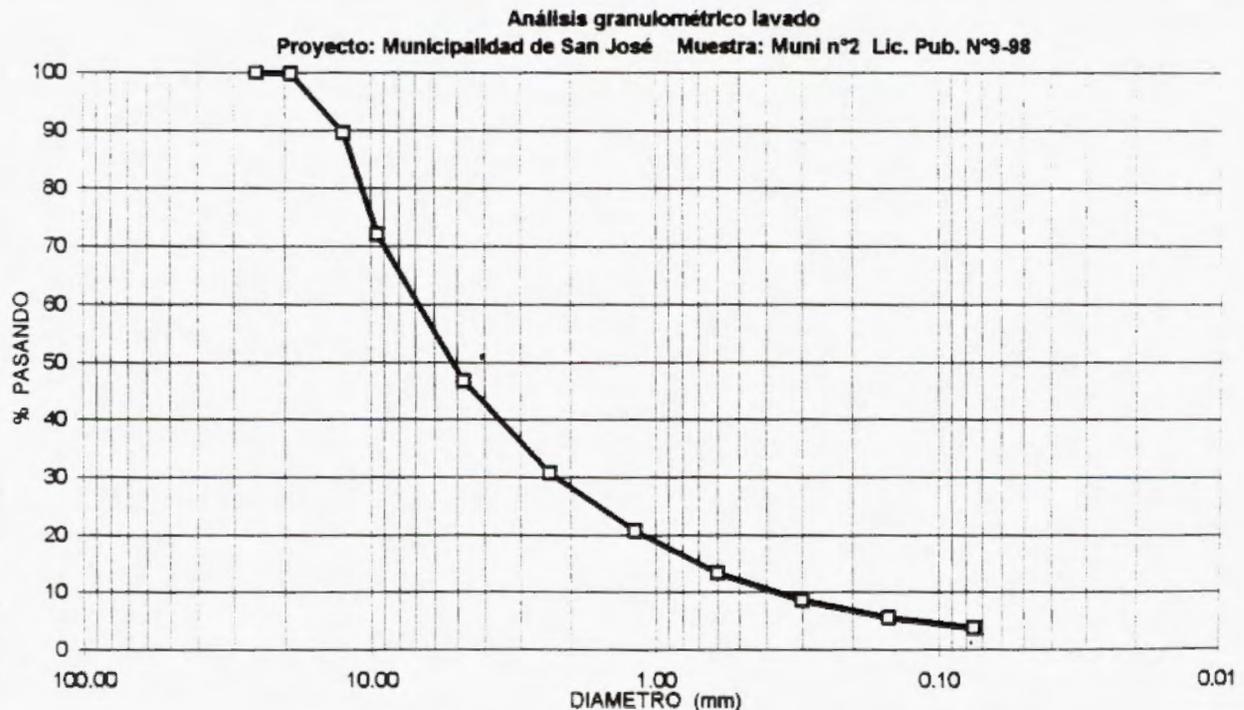
MUESTRA : Mun n°2
 Lic. Pub. N°9-98
 UBICACIÓN: Material de apilamiento. Planta MECO
 CONTRATISTA: MECO
 DESCRIPCIÓN: Dosificar 72% de chorro, 18% quinta
 y 10% de cuarta.

Análisis mecánico (lavado)

PESO INICIAL: 7946.8 g

PESO FINAL: 7653.1 g

Maila No.	Abertura (mm)	Peso Ret. (g)	% Ret.	% Ret. Ac.	% Pas.
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	17.4	0.2	0.2	99.8
1/2"	12.50	815.2	10.3	10.5	89.5
3/8"	9.50	1394.4	17.5	28.0	72.0
N° 4	4.75	2011.8	25.3	53.3	46.7
N°8	2.36	1269.1	16.0	69.3	30.7
N°16	1.18	801.1	10.1	79.4	20.6
N°30	0.60	585.8	7.4	86.8	13.2
N°50	0.30	377.8	4.8	91.5	8.5
N°100	0.15	240.9	3.0	94.5	5.5
N°200	0.075	138.0	1.7	96.3	3.7



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

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION

FECHA: 01 de diciembre de 1998
PROYECTO: **Municipalidad de San José**

MUESTRA N°: Muni n°2
Lic. Pub. N°9-98
UBICACION: Material de apilamiento. Planta MECO
CONTRATISTA: MECO
DESCRIPCION: Dosificar 72% de chorro, 18% de quintal y 10% de cuartilla.

Peso seco (Ps) :	4708.1 g
Peso Saturado Superficie Seca (Psss) :	4824.2 g
Peso Sumergido (Psum.) :	2999.8 g
$Gbs = Ps / (Psss - Psum) =$	2.58
$Gbsss = Psss / (Psss - Psum.) =$	2.64
$Gs = Ps / (Ps - Psum.) =$	2.76
$\% ABS = (Psss - Ps) / Ps * 100 =$	2.47

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

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION

FECHA: 01 de diciembre de 1998
 PROYECTO: **Municipalidad de San José**
 MUESTRA N°: Muni n°2
 Lic. Pub. N°9-98
 UBICACION: Material de apilamiento. Planta MECO
 CONTRATISTA: MECO
 DESCRIPCION: Dosificar 72% de chorro, 18% de quintal y 10% de cuartilla.

Picnometro N°	4	A =	485.2 g
Peso del picnometro	174.4 g	B =	672.8 g
Peso picnom.+muestra	674.4 g	S =	500.0 g
Peso picn+muestra+agua	984 g	C =	984.0 g
Temperatura	21.5 °C	$G_{bs} = A/(B+S-C) =$	2.57
Capsula N°	C4	$G_{bss} = S/(B+S-C) =$	2.65
Peso cápsula	101.5 g	$G_s = A/(B+A-C) =$	2.79
Peso seco+ Cápsula	586.7 g	$\%ABS = (S-A)/A =$	3.05

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

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

**VACIOS EN FINOS NO COMPACTADOS
 ASTM C-1250**

FECHA: 01 de diciembre de 1998
 PROYECTO: Municipalidad de San José
 MUESTRA N°: Muni n°2
 Lic. Pub. N°9-98
 UBICACION: Material de apilamiento. Planta MECO
 CONTRATISTA: MECO
 DESCRIPCION: Dosificar 72% de chorro, 18% de quintal y 10% de cuartilla.

Peso específico bruto del material: (G_{bs}) 2.57
Volumen del recipiente : (V) 100.08 cm³

Muestra N°	Peso arena + recipiente (g)	Peso recipiente (g)	Peso arena (g)
1	458.30	295.88	162.42
2	461.19	295.88	165.31
3	458.68	295.88	162.80
Promedio			163.51

% de vacios no compactados: $U = \frac{V - (F/G_{bs})}{V} * 100 = 36.4 \%$

donde:

V: volumen del recipiente
 F: peso neto del agregado fino
 G_{bs} : peso específico bruto del agregado
 U: vacios en la muestra

NOTA:

- Este informe no constituye un certificado de calidad.

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

FECHA 04 de diciembre de 1998
 PROYECTO Municipalidad de San José

MUESTRA: Muni nº2
 Lic. Pub. N°9-98

**PRUEBA DE ABRASIÓN EN MAQUINA LOS ANGELES
 ASTM - C 131**

Identificación Muestra	Abrasión Tipo	Desgaste (%)
---------------------------	------------------	-----------------

Muni nº2 B 21.3

Lic. Pub. N°9-98

Ubicación: Material de apilamiento.

Planta MECO

Contratista: MECO

Descripción: Dosificar 72% de chorro, 18% de quintal y 10% de cuartilla.

**PORCENTAJE DE AGREGADOS CON CARAS FRACTURADAS
 MOP: E109**

Identificación Muestra	AGREGADOS CON CARA FRACTURADA
---------------------------	----------------------------------

Muni nº2 99.1 %

Lic. Pub. N°9-98

Ubicación: Material de apilamiento.

Planta MECO

Contratista: MECO

Descripción: Dosificar 72% de chorro, 18% de quintal y 10% de cuartilla.

**LIMITES DE ATTERBERG
 ASTM- D423- D424**

Identificación Muestra	Limites de Atterberg		
	LL	LP	IP

Muni nº2 NP NP NP

Lic. Pub. N°9-98

Ubicación: Material de apilamiento.

Planta MECO

Contratista: MECO

Descripción: Dosificar 72% de chorro, 18% de quintal y 10% de cuartilla.

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

FECHA 04 de diciembre de 1998
 PROYECTO Municipalidad de San José

MUESTRA: Muni n°2
 Lic. Pub. N°9-98

**EQUIVALENTE DE ARENA
 AASHTO T-176-86**

Identificación Muestra	LECTURA ARCILLA (mm)	LECTURA ARENA (mm)	EQUIVALENTE DE ARENA
Muni n°2	119	86	72.3
Lic. Pub. N°9-98	111	82	73.9
Ubicación: Material de apilamiento.	114	85	74.6
Planta MECO		PROMEDIO	73.6
Contratista: MECO			
Descripción: Dosificar 72% de chorro, 18% de quintal y 10% de cuartilla.			

**PARTICULAS FRIABLES
 AASHTO T 112-91**

Identificación Muestra	Observación
---------------------------	-------------

Muni n°2 Lic. Pub. N°9-98 Ubicación: Material de apilamiento. Planta MECO Contratista: MECO Descripción: Dosificar 72% de chorro, 18% de quintal y 10% de cuartilla.	No presenta partículas friables
---	---------------------------------

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

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

PRUEBA DE CUBICIDAD DE PARTICULAS

FECHA: 09 de diciembre de 1998

MUESTRA N°: Muni n°2

PROYECTO: **Municipalidad de San José**

Lic. Pub. N°9-98

UBICACION: Material de apilamiento. Planta MECO

CONTRATISTA: MECO

DESCRIPCION: Dosificar 72% de chorro, 18% de quintal y 10% de cuartilla.

PARTICULA No.	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	RELACION LARGO-ANCHO	RELACION ANCHO-ESPESOR
1	22.05	17.43	9.25	1.3	1.9
2	14.28	9.63	5.08	1.5	1.9
3	27.29	17.53	11.46	1.6	1.5
4	14.40	11.69	5.76	1.2	2.0
5	9.78	6.77	3.96	1.4	1.7
6	16.51	14.32	5.05	1.2	2.8
7	12.16	8.17	4.23	1.5	1.9
8	22.06	12.99	5.26	1.7	2.5
9	12.13	7.15	2.85	1.7	2.5
10	23.37	10.74	7.19	2.2	1.5
11	8.96	7.03	4.32	1.3	1.6
12	5.66	4.31	3.18	1.3	1.4
13	9.59	6.64	3.31	1.4	2.0
14	15.05	8.97	2.11	1.7	4.3
15	8.90	5.89	3.10	1.5	1.9
16	19.98	9.83	6.63	2.0	1.5
17	9.15	4.27	1.30	2.1	3.3
18	9.00	7.28	4.16	1.2	1.8
19	14.84	13.73	5.56	1.1	2.5
20	12.41	8.28	4.26	1.5	1.9
21	8.07	4.21	1.99	1.9	2.1
22	10.00	4.56	3.54	2.2	1.3
23	10.26	6.81	4.60	1.5	1.5
24	9.73	6.32	4.02	1.5	1.6
25	10.00	7.54	5.97	1.3	1.3
26	18.30	8.70	4.27	2.1	2.0
27	13.66	7.29	2.89	1.9	2.5
28	9.56	5.19	2.78	1.8	1.9
29	7.63	9.86	3.65	0.8	2.7

NOTA: Este informe no constituye un certificado de calidad

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

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

PRUEBA DE CUBICIDAD DE PARTICULAS

FECHA: 09 de diciembre de 1998
PROYECTO: **Municipalidad de San José**

MUESTRA N°: Muni n°2
Lic. Pub. N°9-98

UBICACION : Material de apilamiento. Planta MECO

CONTRATISTA: MECO

DESCRIPCION: Dosificar 72% de chorro, 18% de quintal y 10% de cuartilla.

PARTICULA No.	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	RELACION LARGO-ANCHO	RELACION ANCHO-ESPESOR
30	10.15	6.56	5.88	1.5	1.1
31	11.06	7.06	2.70	1.6	2.6
32	22.58	12.21	8.46	1.8	1.4
33	18.95	11.28	8.91	1.7	1.3
34	16.85	13.23	10.48	1.3	1.3
35	20.00	16.38	11.91	1.2	1.4
36	8.45	6.98	3.31	1.2	2.1
37	15.63	12.73	8.39	1.2	1.5
38	24.63	17.19	10.94	1.4	1.6
39	23.88	15.00	11.54	1.6	1.3
40	15.60	13.28	8.10	1.2	1.6
41	20.55	10.28	5.51	2.0	1.9
42	9.31	5.64	4.03	1.7	1.4
43	17.60	14.99	9.48	1.2	1.6
44	12.96	11.11	4.68	1.2	2.4
45	21.21	10.50	5.44	2.0	1.9
46	18.02	13.75	7.97	1.3	1.7
47	20.20	14.05	7.62	1.4	1.8
48	13.81	9.68	3.96	1.4	2.4
49	20.39	14.34	6.48	1.4	2.2
50	16.60	8.67	5.67	1.9	1.5
51	11.24	10.41	7.14	1.1	1.5
52	21.90	12.30	8.48	1.8	1.5
53	20.43	9.95	6.70	2.1	1.5
54	15.16	9.96	4.51	1.5	2.2
55	11.10	9.10	6.21	1.2	1.5
56	17.87	12.48	9.51	1.4	1.3
57	7.31	6.6	3.34	1.1	2.0
58	10.28	6.13	3.95	1.7	1.6

NOTA: Este informe no constituye un certificado de calidad

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

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

PRUEBA DE CUBICIDAD DE PARTICULAS

FECHA: 09 de diciembre de 1998
 PROYECTO: **Municipalidad de San José**

MUESTRA N°: Muni n°2
 Lic. Pub. N°9-98

UBICACION: Material de apilamiento. Planta MECO
 CONTRATISTA: MECO
 DESCRIPCION: Dosificar 72% de chorro, 18% de quintal y 10% de cuartilla.

PARTICULA No.	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	RELACION LARGO-ANCHO	RELACION ANCHO-ESPESOR
59	24.71	11.90	7.02	2.1	1.7
60	14.32	13.01	9.47	1.1	1.4
61	20.04	16.08	9.59	1.2	1.7
62	13.67	13.51	4.01	1.0	3.4
63	19.73	14.88	11.39	1.3	1.3
64	22.44	22.27	4.69	1.0	4.7
65	20.45	10.87	9.24	1.9	1.2
66	23.53	21.09	9.67	1.1	2.2
67	19.75	17.13	13.76	1.2	1.2
68	25.56	15.40	8.63	1.7	1.8
69	16.65	14.10	5.72	1.2	2.5
70	15.27	11.34	7.49	1.3	1.5
71	15.47	14.50	8.45	1.1	1.7
72	15.17	12.47	8.81	1.2	1.4
73	20.25	12.64	3.82	1.6	3.3
74	19.82	9.45	7.20	2.1	1.3
75	15.71	11.59	5.83	1.4	2.0
76	19.69	13.57	11.42	1.5	1.2
77	18.37	12.56	7.11	1.5	1.8
78	25.18	8.35	6.50	3.0	1.3
79	14.77	11.46	4.25	1.3	2.7
80	11.62	10.45	5.57	1.1	1.9
81	14.18	10.84	3.89	1.3	2.8
82	15.06	13.76	5.41	1.1	2.5
83	15.18	11.69	2.84	1.3	4.1
84	17.42	8.82	7.99	2.0	1.1
85	15.26	13.00	8.18	1.2	1.6
86	14.23	13.04	3.26	1.1	4.0
87	7.50	7.03	5.41	1.1	1.3

NOTA: Este informe no constituye un certificado de calidad

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

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

PRUEBA DE CUBICIDAD DE PARTICULAS

FECHA: 09 de diciembre de 1998

MUESTRA N°: Muni n°2

PROYECTO: **Municipalidad de San José**

Lic. Pub. N°9-98

UBICACION: Material de apilamiento. Planta MECO

CONTRATISTA: MECO

DESCRIPCION: Dosificar 72% de chorro, 18% de quintal y 10% de cuartilla.

PARTICULA No.	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPEJOR (mm)	RELACION LARGO-ANCHO	RELACION ANCHO-ESPEJOR
88	11.20	10.38	11.10	1.1	0.9
89	17.48	7.08	5.62	2.5	1.3
90	18.10	13.53	5.44	1.3	2.5
91	17.84	8.56	5.03	2.1	1.7
92	9.68	4.68	2.23	2.1	2.1
93	15.57	7.58	4.81	2.1	1.6
94	10.72	6.30	2.82	1.7	2.2
95	11.87	6.55	3.76	1.8	1.7
96	10.48	4.80	2.50	2.2	1.9
97	13.43	9.22	7.50	1.5	1.2
98	14.52	10.15	6.04	1.4	1.7
99	17.25	11.72	4.01	1.5	2.9
100	12.47	9.64	6.74	1.3	1.4
101	7.82	5.75	5.38	1.4	1.1
102	13.89	6.89	3.25	2.0	2.1
103	12.95	8.92	4.64	1.5	1.9
104	13.72	10.59	8.28	1.3	1.3
105	14.72	14.08	4.29	1.0	3.3
106	12.63	6.39	4.65	2.0	1.4
107	11.78	7.80	5.31	1.5	1.5
108	10.70	10.31	4.41	1.0	2.3
109	15.87	8.59	5.17	1.8	1.7
110	17.92	11.35	7.98	1.6	1.4
111	10.82	8.65	7.77	1.3	1.1
112	15.14	10.09	6.83	1.5	1.5
113	15.74	10.31	6.21	1.5	1.7
114	11.07	8.26	4.42	1.3	1.9

NOTA: Este informe no constituye un certificado de calidad

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

RESULTADOS
DISGREGABILIDAD EN SULFATO DE SODIO

FECHA 04 de enero de 1999
 PROYECTO **Municipalidad de San José**

MUESTRA : Mun n°2
 Lic. Pub. N°9-98
 UBICACIÓN: Material de apilamiento. Planta MECO
 CONTRATISTA: MECO
 DESCRIPCIÓN: Dosificar 72% de chorro, 18% quinta
 y 10% de cuarta.

Tamaño Nominal malla	Abertura malla (mm)	RETENIDO (%)	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	% PONDERADO DE PERDIDA (%)
1"	25.00	0.0			
3/4"	19.00	0.2			
1/2"	12.50	10.3			
3/8"	9.50	17.5	1000.0	987.7	0.34
N° 4	4.75	25.3	100.0	88.1	3.01
N°8	2.36	16.0	100.0	96.5	0.56
N°16	1.18	10.1	100.0	97.8	0.22
N°30	0.60	7.4	100.0	94.7	0.39
N°50	0.30	4.8	100.0	93.9	0.29
N°100	0.15	3.0			
N°200	0.075	1.7			
% DISGREGABILIDAD					4.82

NOTAS: El % Retenido de la tabla pertenece al ensayo original de granulometría del material

Las muestras son expuestas a cinco ciclos de inmersión en la solución de sulfato de sodio y posteriormente fueron secadas al horno.
 Cada ciclo tiene una duración de 5 días

Ensayo según ASTM C-88

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

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

ANALISIS GRANULOMETRICO

FECHA 07 de diciembre de 1998
 PROYECTO Municipalidad de San José

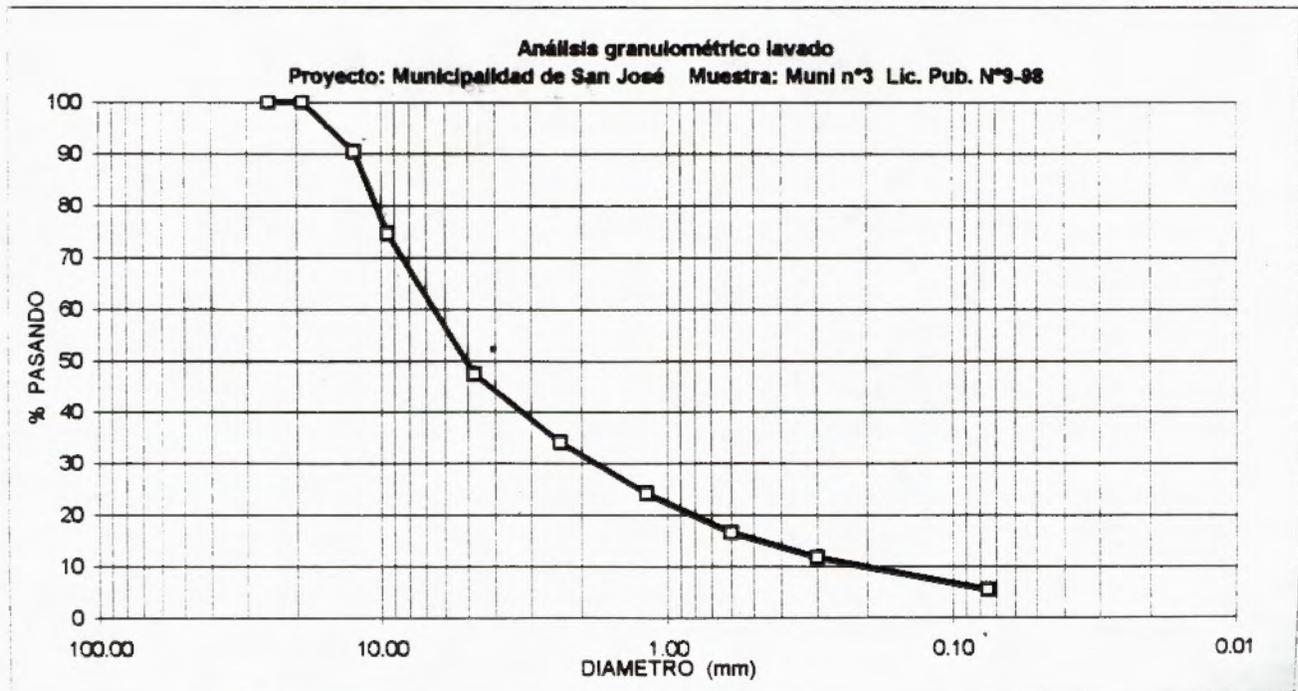
MUESTRA : Mun n°3
 Lic. Pub. N°9-98
 UBICACIÓN: Material de apilamiento. Planta CONANSA
 CONTRATISTA: CONANSA
 DESCRIPCION: Dosificar 80% de chorro,
 y 20% de quintilla.

Análisis mecánico (lavado)

PESO INICIAL: 7586.7 g

PESO FINAL: 7171.9 g

Malla No.	Abertura (mm)	Peso Ret. (g)	% Ret.	% Ret. Ac.	% Pas.
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	726.3	9.6	9.6	90.4
3/8"	9.50	1211.0	16.0	25.5	74.5
N° 4	4.75	2058.4	27.1	52.7	47.3
N°8	2.36	1014.1	13.4	66.0	34.0
N°16	1.18	748.2	9.9	75.9	24.1
N°30	0.60	581.3	7.7	83.6	16.4
N°50	0.30	362.3	4.8	88.3	11.7
N°200	0.075	475.0	6.3	94.6	5.4



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

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION

FECHA: 04 de diciembre de 1998
 PROYECTO: **Municipalidad de San José**
 MUESTRA N°: Muni n°3
 Lic. Pub. N°9-98
 UBICACION: Material de apilamiento. Planta CONANSA
 CONTRATISTA: CONANSA
 DESCRIPCION: Dosificar 80% de chorro, 20% de quintilla.

Picnometro N°	4	A =	488.3 g
Peso del picnometro	174.4 g	B =	672.7 g
Peso picnom.+muestra	674.4 g	S =	500.0 g
Peso picn+muestra+agua	985.8 g	C =	985.8 g
Temperatura	23 °C	$G_{be} = A/(B+S-C) =$	2.61
Capsula N°	60	$G_{bas} = S/(B+S-C) =$	2.68
Peso cápsula	67 g	$G_s = A/(B+A-C) =$	2.79
Peso seco+ Cápsula	555.3 g	$\%ABS = (S-A)/A =$	2.40

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

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

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION

FECHA 04 de diciembre de 1998
PROYECTO **Municipalidad de San José**
MUESTRA N°: Muni n°3
Lic. Pub. N°9-98
UBICACION: Material de apilamiento. Planta CONANSA
CONTRATISTA: CONANSA
DESCRIPCION: Dosificar 80% de chorro, 20% de quintilla.

Peso seco (Ps) :	5013.4 g
Peso Saturado Superficie Seca (P _{sss}) :	5128.7 g
Peso Sumergido (P _{sum.}) :	3195.8 g
$G_{bs} = P_s / (P_{sss} - P_{sum.}) =$	2.58
$G_{bsss} = P_{sss} / (P_{sss} - P_{sum.}) =$	2.65
$G_s = P_s / (P_s - P_{sum.}) =$	2.76
$\% \text{ ABS} = (P_{sss} - P_s) / P_s * 100 =$	2.30

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

**VACIOS EN FINOS NO COMPACTADOS
 ASTM C-1250**

FECHA: 04 de diciembre de 1998
 PROYECTO: Municipalidad de San José
 MUESTRA N°: Muni n°3
 Lic. Pub. N°9-98
 UBICACION: Material de apilamiento. Planta CONANSA
 CONTRATISTA: CONANSA
 DESCRIPCION: Dosificar 80% de chorro, 20% de quintilla.

Peso específico bruto del material: (G_{bs}) 2.61
 Volumen del recipiente : (V) 100.08 cm³

Muestra N°	Peso arena + recipiente (g)	Peso recipiente (g)	Peso arena (g)
1	462.78	295.87	166.91
2	463.57	295.87	167.70
3	463.23	295.87	167.36
Promedio			167.32

% de vacios no compactados: $U = \frac{V - (F/G_{bs})}{V} * 100 = 35.9 \%$

donde:
 V: volumen del recipiente
 F: peso neto del agregado fino
 G_{bs}: peso específico bruto del agregado
 U: vacíos en la muestra

NOTA:
 - Este informe no constituye un certificado de calidad.

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

FECHA 04 de diciembre de 1998
 PROYECTO Municipalidad de San José

MUESTRA: Muni n°3
 Lic. Pub. N°9-98

**PRUEBA DE ABRASIÓN EN MAQUINA LOS ANGELES
 ASTM - C 131**

Identificación Muestra	Abrasión Tipo	Desgaste (%)
---------------------------	------------------	-----------------

Muni n°3 B 22.1

Lic. Pub. N°9-98

Ubicación: Material de apilamiento.

Planta CONANSA

Contratista: CONANSA

Descripción: Dosificar 80% de
 chorro, 20% de quintilla.

**PORCENTAJE DE AGREGADOS CON CARAS FRACTURADAS
 MOP: E109**

Identificación Muestra	AGREGADOS CON CARA FRACTURADA
---------------------------	----------------------------------

Muni n°3 96.6 %

Lic. Pub. N°9-98

Ubicación: Material de apilamiento.

Planta CONANSA

Contratista: CONANSA

Descripción: Dosificar 80% de
 chorro, 20% de quintilla.

**LIMITES DE ATTERBERG
 ASTM- D423- D424**

Identificación Muestra	Limites de Atterberg		
	LL	LP	IP

Muni n°3 NP NP NP

Lic. Pub. N°9-98

Ubicación: Material de apilamiento.

Planta CONANSA

Contratista: CONANSA

Descripción: Dosificar 80% de
 chorro, 20% de quintilla.

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

FECHA 04 de diciembre de 1998
 PROYECTO Municipalidad de San José

MUESTRA: Muni nº3
 Lic. Pub. N°9-98

**EQUIVALENTE DE ARENA
 AASHTO T-176-86**

Identificación Muestra	LECTURA ARCILLA (mm)	LECTURA ARENA (mm)	EQUIVALENTE DE ARENA
Muni nº3	114	89	78
Lic. Pub. N°9-98	112	88	79
Ubicación: Material de apilamiento.	114	90	79
Planta CONANSA		PROMEDIO	79
Contratista: CONANSA			
Descripción: Dosificar 80% de chorro, 20% de quintilla.			

**PARTICULAS FRIABLES
 AASHTO T 112-91**

Identificación Muestra	Observación
---------------------------	-------------

Muni nº3 No presenta partículas friables
 Lic. Pub. N°9-98
 Ubicación: Material de apilamiento.
 Planta CONANSA
 Contratista: CONANSA
 Descripción: Dosificar 80% de chorro, 20% de quintilla.

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

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

PRUEBA DE CUBICIDAD DE PARTICULAS

FECHA: 10 de diciembre de 1998

MUESTRA N°: Muni n°3

PROYECTO: **Municipalidad de San José**

Lic. Pub. N°9-98

UBICACION: Material de apilamiento. Planta CONANSA

CONTRATISTA: CONANSA

DESCRIPCION: Dosificar 80% de chorro, 20% de quintilla.

PARTICULA No.	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	RELACION LARGO-ANCHO	RELACION ANCHO-ESPESOR
1	21.92	15.76	9.75	1.4	1.6
2	16.57	14.44	8.25	1.1	1.8
3	15.65	15.09	10.91	1.0	1.4
4	17.84	9.85	7.37	1.8	1.3
5	18.59	8.65	7.98	2.1	1.1
6	15.40	10.28	5.60	1.5	1.8
7	11.41	5.43	3.59	2.1	1.5
8	12.49	4.62	4.26	2.7	1.1
9	14.33	6.16	4.77	2.3	1.3
10	14.46	7.07	3.65	2.0	1.9
11	14.00	9.74	5.97	1.4	1.6
12	14.17	15.91	6.25	0.9	2.5
13	11.12	8.70	5.60	1.3	1.6
14	15.52	9.38	4.52	1.7	2.1
15	7.25	6.82	4.77	1.1	1.4
16	10.29	6.92	5.99	1.5	1.2
17	20.38	10.49	8.43	1.9	1.2
18	10.32	14.04	8.10	0.7	1.7
19	19.81	13.14	7.70	1.5	1.7
20	20.07	10.00	7.68	2.0	1.3
21	12.69	7.10	4.62	1.8	1.5
22	15.56	12.73	3.92	1.2	3.2
23	10.09	8.82	6.37	1.1	1.4
24	8.18	10.28	6.59	0.8	1.6
25	17.52	9.52	7.63	1.8	1.2
26	17.09	8.15	3.70	2.8	1.7
27	11.43	8.04	5.95	1.4	1.4
28	19.38	8.30	5.67	2.3	1.5
29	11.33	10.37	5.41	1.1	1.9

NOTA: Este informe no constituye un certificado de calidad

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

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

PRUEBA DE CUBICIDAD DE PARTICULAS

FECHA: 10 de diciembre de 1998

MUESTRA N°: Muni n°3

PROYECTO: **Municipalidad de San José**

Lic. Pub. N°9-98

UBICACION: Material de apilamiento. Planta CONANSA

CONTRATISTA: CONANSA

DESCRIPCION: Dosificar 80% de chorro, 20% de quintilla.

PARTICULA No.	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	RELACION LARGO-ANCHO	RELACION ANCHO-ESPESOR
30	29.82	18.92	14.42	1.6	1.3
31	23.01	16.45	8.65	1.4	1.9
32	20.94	16.73	15.20	1.3	1.1
33	31.21	16.59	14.27	1.9	1.2
34	16.69	10.81	6.47	1.5	1.7
35	17.31	14.73	15.60	1.2	0.9
36	23.47	12.97	5.35	1.8	2.4
37	21.01	17.02	9.12	1.2	1.9
38	12.43	6.57	4.01	1.9	1.6
39	9.62	7.22	8.86	1.3	0.8
40	20.18	12.63	4.51	1.6	2.8
41	29.19	16.10	7.46	1.8	2.2
42	7.84	6.91	3.20	1.1	2.2
43	7.45	5.73	4.27	1.3	1.3
44	18.64	5.15	3.13	3.6	1.6
45	14.85	11.55	8.26	1.3	1.4
46	27.70	16.39	7.84	1.7	2.1
47	15.79	13.68	7.02	1.2	1.9
48	20.49	14.00	10.01	1.5	1.4
49	26.67	15.94	8.74	1.7	1.8
50	13.36	9.34	4.59	1.4	2.0
51	18.42	8.19	5.43	2.2	1.5
52	8.66	6.59	4.55	1.3	1.4
53	12.76	9.37	3.02	1.4	3.1
54	11.96	6.90	3.61	1.7	1.9
55	12.90	10.51	2.29	1.2	4.6
56	21.98	18.80	13.55	1.2	1.4
57	18.64	13.62	8.98	1.4	1.5
58	18.77	10.76	8.30	1.7	1.3

NOTA: Este informe no constituye un certificado de calidad

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

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

PRUEBA DE CUBICIDAD DE PARTICULAS

FECHA: 10 de diciembre de 1998
 PROYECTO: **Municipalidad de San José**

MUESTRA N°: Muni n°3
 Lic. Pub. N°9-98
 UBICACION: Material de apilamiento. Planta CONANSA
 CONTRATISTA: CONANSA
 DESCRIPCION: Dosificar 80% de chorro, 20% de quintilla.

PARTICULA No.	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	RELACION LARGO-ANCHO	RELACION ANCHO-ESPESOR
59	17.41	10.54	5.64	1.7	1.9
60	17.75	9.90	8.91	1.8	1.1
61	9.57	6.92	2.68	1.4	2.6
62	17.24	7.45	1.98	2.3	3.8
63	10.44	6.98	2.38	1.5	2.9
64	13.85	11.12	6.72	1.2	1.7
65	24.36	6.71	4.39	3.6	1.5
66	26.16	8.05	6.44	3.2	1.3
67	16.85	9.76	5.21	1.7	1.9
68	15.51	10.32	7.87	1.5	1.3
69	19.52	13.09	5.99	1.5	2.2
70	16.23	9.76	4.38	1.7	2.2
71	10.43	4.88	3.44	2.1	1.4
72	17.68	12.44	4.94	1.4	2.5
73	22.18	12.10	5.79	1.8	2.1
74	18.41	9.15	3.10	2.0	3.0
75	17.09	7.75	2.59	2.2	3.0
76	9.13	6.28	4.35	1.5	1.4
77	12.45	9.64	4.94	1.3	2.0
78	14.25	10.76	6.71	1.3	1.6
79	10.83	6.43	4.53	1.7	1.4
80	13.78	7.32	4.17	1.9	1.8
81	6.86	5.85	1.95	1.2	3.0
82	11.21	5.22	3.60	2.1	1.5
83	12.08	4.75	1.51	2.5	3.1
84	26.30	12.01	7.51	2.2	1.6
85	8.31	5.83	5.39	1.4	1.1
86	8.84	4.84	3.77	1.8	1.3
87	22.14	11.83	4.27	1.9	2.8

NOTA: Este informe no constituye un certificado de calidad

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

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

PRUEBA DE CUBICIDAD DE PARTICULAS

FECHA: 10 de diciembre de 1998
 PROYECTO: **Municipalidad de San José**

MUESTRA N°: Muni n°3
 Lic. Pub. N°9-88
 UBICACION: Material de apilamiento. Planta CONANSA
 CONTRATISTA: CONANSA
 DESCRIPCION: Dosificar 80% de chorro, 20% de quintilla.

PARTICULA No.	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	RELACION LARGO-ANCHO	RELACION ANCHO-ESPESOR
88	19.99	17.25	10.47	1.2	1.6
89	17.86	15.09	11.07	1.2	1.4
90	30.41	13.26	9.08	2.3	1.5
91	24.90	15.24	4.55	1.6	3.3
92	18.89	17.86	11.25	1.1	1.6
93	7.33	6.20	4.58	1.2	1.4
94	8.41	7.76	4.72	1.1	1.6
95	25.31	16.63	5.52	1.5	3.0
96	15.40	12.05	8.09	1.3	1.5
97	19.22	9.30	5.98	2.1	1.6
98	13.97	11.42	10.92	1.2	1.0
99	10.64	8.83	4.77	1.2	1.9
100	11.90	10.16	7.40	1.2	1.4
101	16.78	11.72	7.14	1.4	1.6
102	19.07	16.47	13.70	1.2	1.2
103	15.46	9.82	6.96	1.6	1.4
104	12.98	9.15	7.68	1.4	1.2
105	7.24	5.87	4.72	1.2	1.2
106	18.17	15.00	11.58	1.2	1.3
107	13.52	11.98	9.22	1.1	1.3
108	11.96	10.26	4.32	1.2	2.4
109	21.98	10.85	9.00	2.0	1.2
110	13.91	11.77	8.28	1.2	1.4
111	18.28	9.69	4.14	1.9	2.3
112	18.59	14.81	9.61	1.3	1.5
113	15.18	14.59	8.18	1.0	1.8
114	25.06	15.05	13.21	1.7	1.1
115	20.31	15.19	14.74	1.3	1.0
116	7.73	5.40	4.45	1.4	1.2

NOTA: Este informe no constituye un certificado de calidad

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

RESULTADOS
DISGREGABILIDAD EN SULFATO DE SODIO

FECHA: 04 de enero de 1999 MUESTRA : Mun n°3
 PROYECTO: Municipalidad de San José Lic. Pub. N°9-98
 UBICACIÓN: Material de apilamiento. Planta CONANSA
 CONTRATISTA: CONANSA
 DESCRIPCION: Dosificar 80% de chorro,
 y 20% de quintilla.

Tamaño Nominal malla	Abertura malla (mm)	RETENIDO (%)	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	% PONDERADO DE PERDIDA (%)
1"	25.00	0.0			
3/4"	19.00	0.0			
1/2"	12.50	9.6			
3/8"	9.50	16.0	1001.2	995.6	0.14
N° 4	4.75	27.1	100.0	96.7	0.90
N°8	2.36	13.4	100.0	99.0	0.13
N°16	1.18	9.9	100.0	98.3	0.16
N°30	0.60	7.7	100.0	95.7	0.33
N°50	0.30	4.8	100.0	98.1	0.09
N°200	0.075	6.3			
% DISGREGABILIDAD					1.76

HUMEDAD

NOTAS: El % Retenido de la tabla pertenece al ensayo original de granulometría del material

Las muestras son expuestas a cinco ciclos de inmersión en la solución de sulfato de sodio y posteriormente fueron secadas al horno.
 Cada ciclo tiene una duración de 5 días

Ensayo según ASTM C-88

ANEXO II

PRUEBAS DE VERIFICACION **DEL DISEÑO DE MEZCLA Y** **SUSCEPTIBILIDAD A LA** **HUMEDAD**



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
 Convenio MOPT - UCR. Proyecto "PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO"

ANALISIS DE MEZCLA ASFALTICA: Tensión Diametral

DATOS DE LA MUESTRA			
ZONA:	N.I		
CONTRATISTA:	PEDREGAL		
PLANTA:	San Antonio de Belén		
PROYECTO:	MUNICIPALIDAD DE SAN JOSE	RUTA #:	N.I
FECHA MUESTREO:	N.I	MUESTRA:	N.I
MUESTREO:	N.I	ESTACION:	N.I
TEMPERATURA:	N.I		
DESCRIPCION:	DISEÑO DE MEZCLA, OPTIMO DE ASFALTO DE PLANTA 8.11 %		

RESULTADOS DE ANALISIS DE TENSION DIAMETRAL											
Prue	GRUPO	W ₁ (%)	W ₂ (%)	W ₃ (%)	W ₄ (%)	GRAN. ESPEC.	Gra. máximo	VACIOS %	ESTAB. (Kg)	ALTURA (mm)	Tensión Diametral kg/cm ²
10	0 h	1158.5	1178.7	624.3	556.0	2.084	2.330	10.6	881	71	8
11	0 h	1149.8	1171.1	618.6	554.1	2.075	2.330	10.9	908	72	8
12	0 h	1156.4	1176.0	624.5	553.1	2.091	2.330	10.3	855	71	8
Promedios						2.083	2.330	10.6	881	71	8

13	24 h	1153.7	1168.5	619.6	550.5	2.096	2.330	10.1	757	71	7
14	24 h	1159.6	1178.7	623.7	556.8	2.083	2.330	10.6	757	71	7
15	24 h	1157.2	1179.8	623.4	558.0	2.074	2.330	11.0	739	72	6
Promedios						2.084	2.330	10.6	751	71	7
ESPECS.								8 - 8	>700	20 - 40	

TENSION DIAMETRAL RETENIDA A LAS 24h (%)	85
ESPECIFICACION	> 75%

OBSERVACIONES: Especímenes moldeados en el laboratorio según norma ASTM D - 3203.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
 Convenio MOPT - UCR. Proyecto "PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO"

ANALISIS DE MEZCLA ASFALTICA: Tensión Diametral

DATOS DE LA MUESTRA			
ZONA:	N.I		
CONTRATISTA:	MECO		
PLANTA:	La Uruca		
PROYECTO:	MUNICIPALIDAD DE SAN JOSE	RUTA # :	N.I
FECHA MUESTREO:	N.I	MUESTRA:	N.I
MUESTREO:	N.I	ESTACION:	N.I
TEMPERATURA:	N.I		
DESCRIPCION:	DISEÑO DE MEZCLA, OPTIMO DE ASFALTO DE PLANTA 6.95 %		

RESULTADOS DE ANALISIS DE TENSION DIAMETRAL											
GRUPO	TIEMPO (h)	W ₁ (%)	W ₂ (%)	W ₃ (%)	W ₄ (%)	GRAV. ESPEC.	Gsa. máxima	VACIOS (%)	ESTAD. (Kg)	ALTURA (mm)	Tensión Diametral (kg/cm ²)
1	0 h	1147.5	1153.2	644.9	509.8	2.251	2.423	7.1	1063	66	10
2	0 h	1149.9	1155.5	646.6	510.4	2.253	2.423	7.0	974	66	9
3	0 h	1143.8	1154.4	644.9	511.0	2.238	2.423	7.6	990	66	9
Promedios						2.247	2.423	7.2	1009	66	10

4	24 h	1144.5	1154.1	644.7	510.9	2.240	2.423	7.5	1137	66	11
5	24 h	1150.9	1157.4	645.6	513.3	2.242	2.423	7.5	944	66	9
6	24 h	1139.8	1146.3	640.6	507.2	2.247	2.423	7.3	854	66	8
Promedios						2.243	2.423	7.4	978	66	9
ESPEC.S.								6 - 8	>700	20 - 40	

TENSION DIAMETRAL RETETENIDA A LAS 24 h (%)	97
ESPECIFICACION	> 75%

OBSERVACIONES: Especímenes moldeados en el laboratorio según norma ASTM D - 3203.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
 Convenio MOPT - UCR. Proyecto "PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO"

ANALISIS DE MEZCLA ASFALTICA: Tensión Diametral

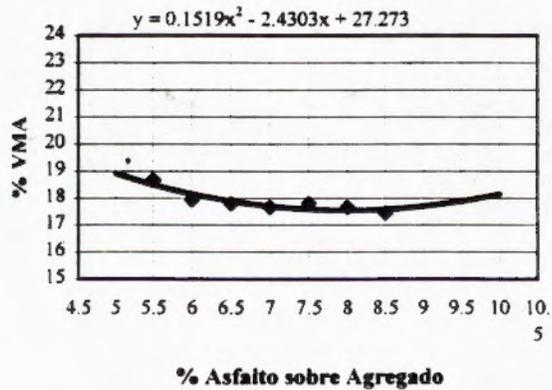
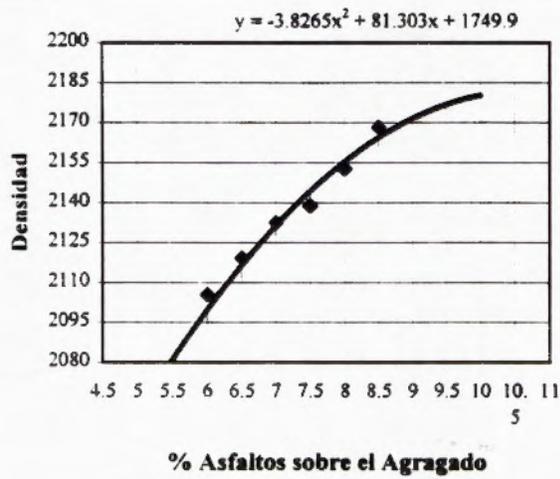
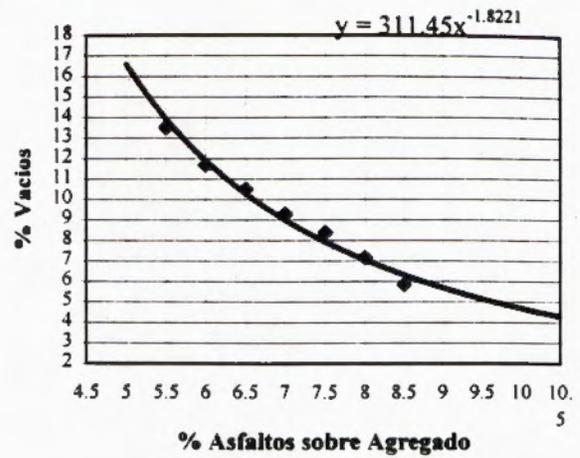
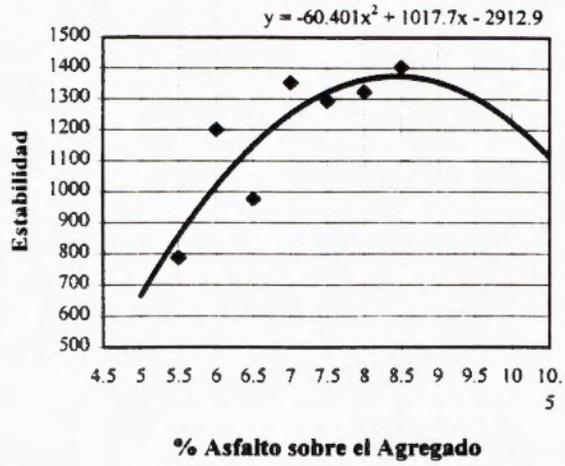
DATOS DE LA MUESTRA			
ZONA:	N.I		
CONTRATISTA:	CONANSA		
PLANTA:	Calle Blancos		
PROYECTO:	MUNICIPALIDAD DE SAN JOSE	RUTA #:	N.I
FECHA MUESTREO:	N.I	MUESTRA:	N.I
MUESTREO:	N.I	ESTACION:	N.I
TEMPERATURA:	N.I		
DESCRIPCION:	DISEÑO DE MEZCLA, OPTIMO DE ASFALTO DE PLANTA 6 27 %		

RESULTADOS DE ANALISIS DE TENSION DIAMETRAL											
Pesa	GRUPO	W. SECO (g)	W. S.S. (g)	W. HUM. (g)	VOLUMEN (cm ³)	GRAV. ESPEC.	GRA. máx uso.	VACIOS %	ESTAB. (Kg)	ALTURA (mm)	Tensión Diametral Kg/cm ²
1	0 h	1147.0	1160.0	650.0	511.5	2.242	2.440	8.1	1117	66	11
2	0 h	1141.2	1153.4	649.7	505.2	2.259	2.440	7.4	1078	66	10
3	0 h	1144.9	1158.9	652.6	507.8	2.255	2.440	7.6	1106	66	10
Promedios						2.252	2.440	7.7	1100	66	10
4	24 h	1139.3	1152.5	647.3	506.7	2.249	2.440	7.8	1037	66	10
5	24 h	1153.4	1166.5	654.9	513.1	2.248	2.440	7.9	924	67	9
6	24 h	1145.9	1158.5	651.0	509.0	2.251	2.440	7.7	1024	66	10
Promedios						2.249	2.440	7.8	995	66	9
ESPECS.								6 - 8	>700	20 - 40	
TENSION DIAMETRAL RETETENIDA A LAS 24 h (%)											90
ESPECIFICACION											> 75%

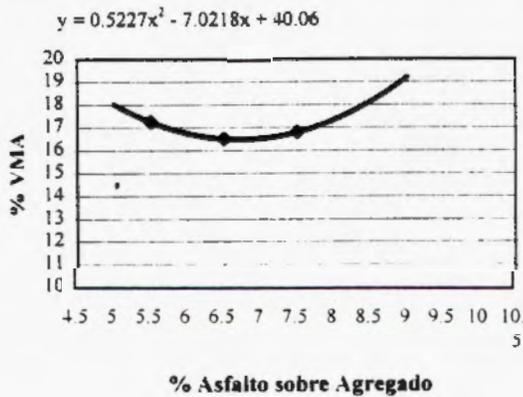
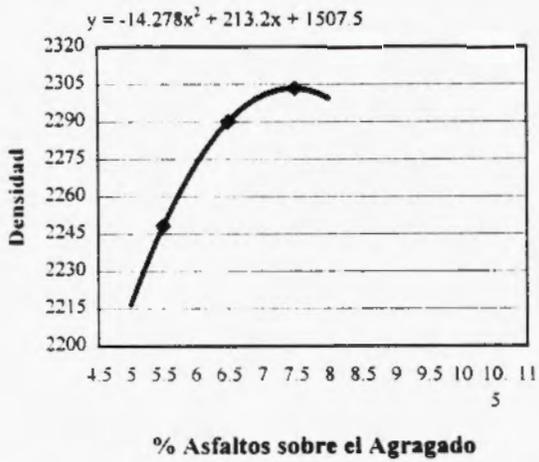
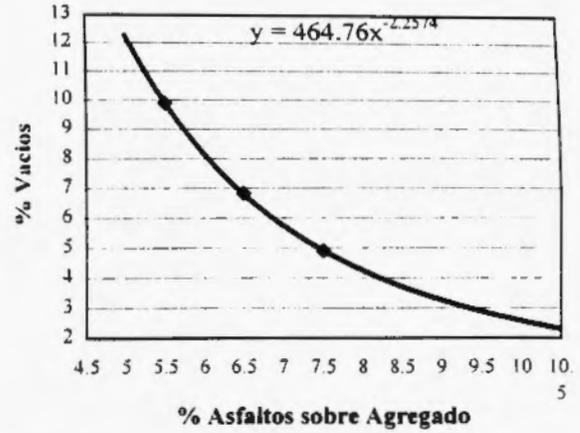
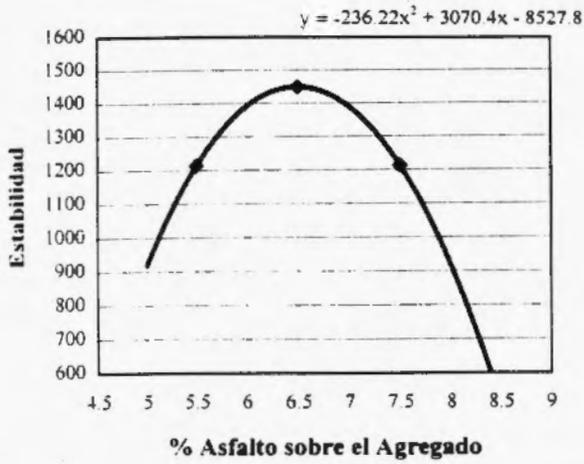
OBSERVACIONES: Especímenes moldeados en el laboratorio según norma ASTM D - 3203.

ING. PEDRO CASTRO

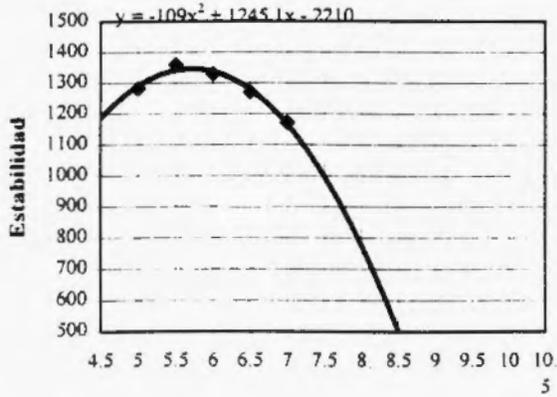
**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA METODO MARSHALL
MUNI-PEDREGAL CORRECCION POR ABSORCION.**



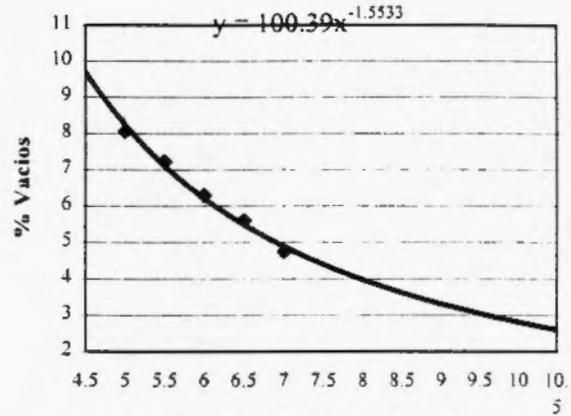
**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA METODO MARSHALL
MUNI-MECO**



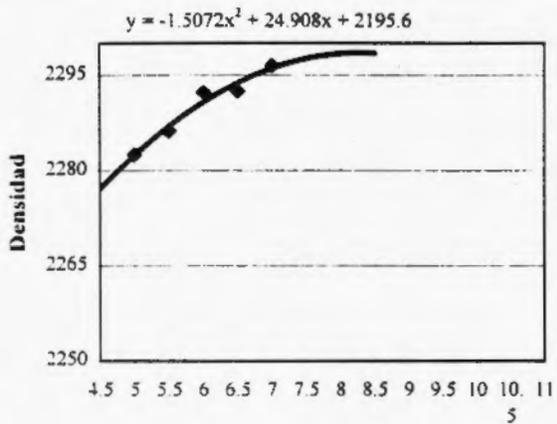
**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA METODO MARSHALL
MUNI-CONANSA**



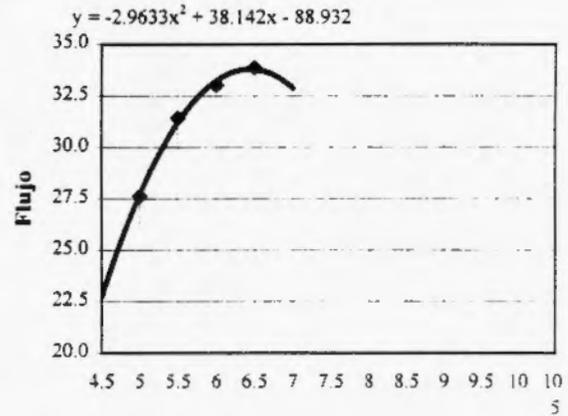
% Asfalto sobre el Agregado



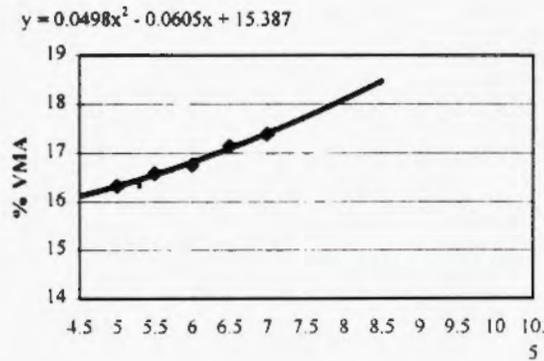
% Asfaltos sobre Agregado



% Asfaltos sobre el Agregado



% Asfalto sobre el Agregado



% Asfalto sobre Agregado