

UTN – FRVT
Departamento Ingeniería Civil

Proyecto Final N° 6

Diseño de Mezclas Asfálticas con Asfalto Modificado



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO

Alumna
Mattar Domínguez, María Laura

Ing Salvay Julio
Coordinador Proyecto Final

Ing. Carlos Bessone
Ing. Daniel Dabove
Directores Proyecto Final

20 / 12 / 2002

Ruc N° 1825



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO**

CARRERA INGENIERIA CIVIL

PROYECTO FINAL

TEMA: DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON ASFALTO
MODIFICADO

DIRECTOR ACADÉMICO
ING. JULIO SALVAY

DIRECTORES TÉCNICOS
ING. CARLOS BESSONE
ING. DANIEL DABOVE

ALUMNA: MATTAR DOMÍNGUEZ, MARÍA LAURA

MARIA LAURA MATTAR DOMINGUEZ



A mi padre
Por confiar en mí

A mis hermanas
Por apoyarme siempre

Se agradece la colaboración de:

Insunios Viales
Pocum Energy S.A.
Repsol YPF S.A.
C.A. B.P. y C. S.R.L.
C.A. C. S.A.
C.A. Marenco S.A.
Facultad Regional La Plata - LEMAC Laboratorio
ADS Publicidad y Servicios
Master Print

Arq. Gustavo Cechetti
Leandro Rubén Cingolani (Insunios Viales)
Ing. Oscar Braun
Ing. Alfredo Perrotti
Lic. Mercedes Di Rico (Insunios Viales)
Personal de taller Insunios Viales
Ing. Iván Bergaglio (Pocum Energía S.A.)
Ing. Hugo Achara (YPF)

DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON ASFALTO MODIFICADO

MARIA LAURA MATTAR DOMÍNGUEZ



INDICE

INTRODUCCIÓN

1- TECNOLOGÍA DEL ASFALTO

GENERALIDADES

- 1.1 REFINACIÓN DEL PETRÓLEO CRUDO
- 1.2 REFINACIÓN DEL ASFALTO
- 1.3 PROPIEDADES FÍSICAS DEL ASFALTO
- 1.4 ENSAYOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES DEL CEMENTO
PORTLAND
- 1.4.1 ENSAYO DE VISCOSIDAD
- 1.4.2 ENSAYO DE PENETRACIÓN
- 1.4.3 ENSAYO DE PUNTO DE INFLAMACIÓN
- 1.4.4 ENSAYO DE PELÍCULA DELGADA EN HORNO Se agradece la colaboración de:
PELÍCULA DELGADA EN HORNO ROTATORIO (RTFO) Insumos Viales
- 1.4.5 ENSAYO DE DECTILIDAD Pecom Energía S.A.
- 1.4.6 ENSAYO DE SOLUBILIDAD Repsol YPF S.A.
- 1.5 VALORES Y ENSAYOS DE LOS ASFALTOS TRADICIONALES UTILIZADOS EN LA MEZCLA ASFÁLTICA

2- ASFALTOS MODIFICADOS CON POLÍMEROS

GENERALIDADES

- 2.1 CLASIFICACIÓN DE POLÍMEROS PARA USO VIAL Cantera Basalto Ind. Y Com. S.R.L.
- 2.2 VALORES Y ENSAYOS DE LOS ASFALTOS MODIFICADOS Cantera Cantesur S.A.
EN LA MEZCLA ASFÁLTICA Cantera Marengo S.A.
- 2.3 COMPARACIÓN ENTRE ASFALTOS MODIFICADOS Y TRADICIONALES CON EL ASFALTO MODIFICADO Facultad Regional La Plata – LEMAC Laboratorio
ADS Publicidad y Servicios
- 2.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ASFALTO MODIFICADO Master Print
POLÍMERO

3- AGREGADOS PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS

GENERALIDADES

- 3.1 CLASIFICACIÓN DE AGREGADOS Arq. Gustavo Cechetti
- 3.1.1 ROCAS SEDIMENTARIAS Leandro Rubén Cingolani (Insumos Viales)
- 3.1.2 ROCAS IGNEAS Ing. Oscar Braun
- 3.1.3 ROCAS METAMÓRFICAS Ing. Alfredo Perroud
- 3.2 FUENTES DE AGREGADOS
- 3.2.1 AGREGADOS NATURALES Lic. Mercedes Di Rico (Insumos Viales)
- 3.2.2 AGREGADOS PROCESADOS Personal de taller Insumos Viales
- 3.2.3 AGREGADOS SINTÉTICOS O ARTIFICIALES Ing. Iván Bergaglio (Pecom Energía S.A.)
- 3.3 PRODUCCIÓN, ACOPIO DE RESERVAS Y MANEJO DE AGREGADOS
- 3.3.1 PRODUCCIÓN DE AGREGADOS Sr. Rubén González (LEMAC)
- 3.3.2 ACOPIO DE RESERVAS DE AGREGADOS
- 3.3.3 MANEJO DE AGREGADOS Ing. Hugo Acharta (YPF)

INTRODUCCIÓN

1 – TECNOLOGÍA DEL ASFALTO

GENERALIDADES

- 1.1 REFINACIÓN DEL PETRÓLEO CRUDO
- 1.2 REFINACIÓN DEL ASFALTO
- 1.3 PROPIEDADES FÍSICAS DEL ASFALTO
- 1.4 ENSAYOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES DEL CEMENTO ASFÁLTICO
 - 1.4.1 ENSAYO DE VISCOSIDAD
 - 1.4.2 ENSAYO DE PENETRACIÓN
 - 1.4.3 ENSAYO DE PUNTO DE INFLAMACIÓN
 - 1.4.4 ENSAYO DE PELÍCULA DELGADA EN HORNO (TFO) Y ENSAYO DE PELÍCULA DELGADA EN HORNO ROTATORIO (RTFO)
 - 1.4.5 ENSAYO DE DUCTILIDAD
 - 1.4.6 ENSAYO DE SOLUBILIDAD
- 1.5 VALORES Y ENSAYOS DE LOS ASFALTOS TRADICIONALES UTILIZADOS EN LA MEZCLA ASFÁLTICA

2 – ASFALTOS MODIFICADOS CON POLÍMEROS

GENERALIDADES

- 2.1 CLASIFICACIÓN DE POLÍMEROS PARA USO VIAL
- 2.2 VALORES Y ENSAYOS DE LOS ASFALTOS MODIFICADOS UTILIZADOS EN LA MEZCLA ASFÁLTICA
- 2.3 COMPARACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES DE LOS ASFALTOS TRADICIONALES CON EL ASFALTO MODIFICADO
- 2.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ASFALTO MODIFICADO CON POLÍMERO

3 – AGREGADOS PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS

GENERALIDADES

- 3.1 CLASIFICACIÓN DE AGREGADOS
 - 3.1.1 ROCAS SEDIMENTARIAS
 - 3.1.2 ROCAS ÍGNEAS
 - 3.1.3 ROCAS METAMÓRFICAS
- 3.2 FUENTES DE AGREGADOS
 - 3.2.1 AGREGADOS NATURALES
 - 3.2.2 AGREGADOS PROCESADOS
 - 3.2.3 AGREGADOS SINTÉTICOS O ARTIFICIALES
- 3.3 PRODUCCIÓN, ACOPIO DE RESERVAS, MANEJO, Y MUESTREO DE AGREGADOS
 - 3.3.1 PRODUCCIÓN DE AGREGADOS
 - 3.3.2 ACOPIO DE RESERVAS DE AGREGADOS
 - 3.3.3 MANEJO DE AGREGADOS

- 3.3.4 MUESTREO DE AGREGADO
- 3.4 PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS Y SU EVALUACIÓN
- 3.4.1 TAMAÑO Y GRANULOMETRÍA
- 3.4.1.1 GRANULOMETRÍA DE LAS DIFERENTES CANTERAS
- 3.4.1.1.1 GRANULOMETRÍA DE ARENAS SILÍCEAS
- 3.4.1.1.2 GRANULOMETRÍAS DE FILLER – CEMENTO
- 3.4.1.2 ESPECIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA
- 3.4.1.3 COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA. MÉTODO ANALÍTICO
- 3.4.1.3.1 COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA
- 3.4.1.4 AJUSTE DE LA GRANULOMETRÍA POR TANTEO PARA EL DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA
- 3.4.1.4.1 COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA ADOPTADA
- 3.4.2 LIMPIEZA DEL AGREGADO
- 3.4.2.1 EQUIVALENTE DE ARENA PARA LOS DIFERENTES AGREGADOS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS
- 3.4.3 RESISTENCIA AL DESGASTE
- 3.4.3.1 VALORES DE ENSAYO DESGASTE DE LOS ANGELES PARA LOS DIFERENTES AGREGADOS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS
- 3.4.4 TEXTURA SUPERFICIAL
- 3.4.5 FORMA DE LA PARTÍCULA
- 3.4.5.1 OBSERVACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS
- 3.4.6 CAPACIDAD DE ABSORCIÓN
- 3.4.7 PESO ESPECÍFICO
- 3.4.7.1 DEFINICIONES
- 3.4.7.2 VALORES DE ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS DIFERENTES AGREGADOS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS
- 3.5 RESUMEN

4 – DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

GENERALIDADES

- 4.1 DEFINICIÓN DE MEZCLAS CALIENTES
- 4.2 CLASIFICACIÓN DE LAS MEZCLAS CALIENTES
- 4.3 CARACTERÍSTICAS Y COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA
- 4.3.1 DENSIDAD
- 4.3.2 VACÍOS DE AIRE (O SIMPLEMENTE VACÍOS)
- 4.3.3 VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL
- 4.3.4 CONTENIDO DE ASFALTO
- 4.4 PROPIEDADES CONSIDERADAS EN EL DISEÑO DE MEZCLAS
- 4.4.1 ESTABILIDAD
- 4.4.2 DURABILIDAD
- 4.4.3 IMPERMEABILIDAD
- 4.4.4 TRABAJABILIDAD
- 4.4.5 FLEXIBILIDAD
- 4.4.6 RESISTENCIA A LA FATIGA
- 4.4.7 RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO
- 4.5 ESPECIFICACIONES DE VIALIDAD NACIONAL EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA
- 4.6 EVALUACIÓN Y AJUSTE EN EL DISEÑO DE LA MEZCLA
- 4.6.1 SIGNIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS DE VACÍOS DE AIRE

- 4.6.2 SIGNIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS DEL VAM
- 4.6.3 CURVAS DE GRADUACIÓN TEÓRICA WEYMOUTH O FULLER
- 4.6.4 RELACIÓN ENTRE LAS CURVAS GRANULOMÉTRICAS DE LAS DISTINTAS MEZCLAS RESPECTO A LA CURVA DE FULLER
- 4.6.5 CORRECCIÓN DE LA MEZCLA
- 4.6.5.1 BAJO CONTENIDO DE VACÍOS, BAJA ESTABILIDAD
- 4.6.5.2 BAJO CONTENIDO DE VACÍOS, ESTABILIDAD SATISFACTORIA
- 4.6.5.3 CONTENIDO SATISFACTORIO DE VACÍOS, BAJA ESTABILIDAD
- 4.6.5.4 CONTENIDO ALTO DE VACÍOS, ESTABILIDAD SATISFACTORIA
- 4.6.5.5 CONTENIDO ALTO DE VACÍOS, BAJA ESTABILIDAD

5 – MÉTODO MARSHALL

GENERALIDADES

- 5.1 PARÁMETROS FUNDAMENTALES DEL ENSAYO Marshall
- 5.1.1 ESTABILIDAD Marshall
- 5.1.2 FLUENCIA Marshall
- 5.1.3 DENSIDAD O PESO UNITARIO DE PROBETA
- 5.1.4 VACÍOS
- 5.1.5 VACÍOS DEL AGREGADO MINERAL
- 5.1.6 RELACIÓN BETÚN – VACÍOS
- 5.2 QUÉ NOS BRINDA EL MÉTODO Marshall?
- 5.3 ESQUEMA DEL MÉTODO
- 5.4 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO Marshall
- 5.4.1 PREPARACIÓN PARA EFECTUAR LOS PROCEDIMIENTOS Marshall
- 5.4.1.1 SELECCIÓN DE LAS MUESTRAS DE MATERIAL
- 5.4.1.2 PREPARACIÓN DEL AGREGADO
- 5.4.1.3 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS (PROBETAS) DE ENSAYO
- 5.4.2 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO Marshall
- 5.4.2.1 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD O PESO UNITARIO DE PROBETA
- 5.4.2.2 ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUENCIA
- 5.5 ANÁLISIS DE RESULTADO

6 MÉTODO Marshall PARA ASFALTOS TRADICIONALES Y MODIFICADOS

GENERALIDADES

- 6.1 VALORES DE ASFALTO PROCEDENTES DE PECOM Y AGREGADOS DE DISTINTAS CANTERAS
- 6.1.1 CANTERA BASALTO
- 6.1.2 CANTERA CANTESUR
- 6.1.3 CANTERA MARENGO
- 6.2 VALORES DE ASFALTO PROCEDENTES DE YPF Y AGREGADOS DE DISTINTAS CANTERAS
- 6.2.1 CANTERA BASALTO
- 6.2.2 CANTERA CANTESUR
- 6.2.3 CANTERA MARENGO
- 6.3 CRITERIO DE DOSIFICACIÓN
- 6.3.1 DISEÑO DE LA MEZCLA ÓPTIMA



INTRODUCCIÓN

Los asfaltos modificados constituyen una innovación tecnológica en el ámbito de la tecnología vial cuyo desarrollo está muy avanzado en otros países del mundo.

Esta modificación deriva en cambios que se producen en los ligantes asfálticos respecto a su susceptibilidad térmica, incremento de resistencia frente a la acción de las cargas y aumento de la adherencia asfalto-agregado.

En particular se ha evaluado el comportamiento de distintas mezclas asfálticas en caliente con asfalto modificado con polímeros en comparación con mezclas sin aditivos.

A tal fin se estudiaron a nivel laboratorio distintas mezclas asfálticas tipo concreto asfáltico utilizando cementos asfálticos 70-100, 50-60 y Asfalto Modificado con Polímero y cuya mezcla de áridos respondió a los requerimientos granulométricos recomendados por la Dirección Nacional de Vialidad.

En este estudio se ha utilizado la metodología Marshall para analizar en términos comparativos aspectos básicos de todo proyecto estructural como es la dosificación de distintas mezclas asfálticas y la influencia de los distintos tipos de asfalto en su comportamiento mecánico.

El objetivo perseguido es proporcionar resultados sobre la influencia del ligante con distintas granulometrías en mezclas que pueden ser empleadas en los procesos de diseño estructural de pavimentos.

Se presentan en este trabajo las características de los materiales ensayados, la metodología empleada, los resultados obtenidos y una evaluación comparativa de los mismos.

Para esta investigación se ha utilizado Cemento Asfáltico proveniente de:

- PECOM ENERGÍA S.A. Asfalto TK 115 penetración 70-100
TK 117 penetración 50-60
y AM3 modificado

- REPSOL Y.P.F. Asfalto Bitalco penetración 70-100
Asfasol F penetración 50-60
y AM - YPF - 3C modificado

Áridos provenientes de:

- Canteras : Basalto - Río III (Córdoba)
Cantesur - La Calera (Córdoba)
Marengo - Azul (Buenos Aires)

1. TECNOLOGÍA DEL ASFALTO

GENERALIDADES

El Asfalto es un constituyente natural de la mayoría de los petróleos, en los que se encuentra en solución y de los cuales puede ser extraído destilando o evaporando las sustancias volátiles que contenga, obteniéndose el asfalto como residuo.

Si bien la mayoría de los asfaltos provienen de la destilación de los petróleos, también existen en la naturaleza en grandes yacimientos, presentándose en forma de lagos, impregnando rocas porosas, entre las fisuras de las rocas, etc. y que indudablemente han resultado de la metamorfosis de los petróleos sometidos a la acción de altas presiones y temperaturas durante el correr del tiempo.

Los Asfaltos son materiales termoplásticos que funden gradualmente al ser calentados.

El Asfalto es definido como un material cementicio, de color marrón oscuro a negro, en el cual los componentes que predominan son betunes. Químicamente está constituido por una mezcla compleja de hidrocarburos de alto peso molecular.

El Asfalto está identificado como uno de los ligantes más antiguos empleados por el hombre, por sus excepcionales cualidades adhesivas, de impermeabilidad, flexibilidad y durabilidad, además de su alta resistencia a la acción de la mayoría de los ácidos, álcalis y sales.

Actualmente, la mayor parte del asfalto producido y empleado en el mundo, es obtenido del petróleo, el cual es extraído libre de impurezas. Su empleo en obras de pavimentación de caminos y calles de ciudad, data de principios de 1900.

Su empleo como ligante de los agregados pétreos, en frío o en caliente, da origen a mezclas muy estables y durables que permiten soportar la acción degradante de las cargas de los vehículos, además de garantizar la impermeabilidad del pavimento, impidiendo la penetración del agua.

El Asfalto es también utilizado en impermeabilizaciones y protección de superficies. Sin embargo aproximadamente el 85 % del asfalto obtenido de la refinación del petróleo es utilizado como material para pavimentos.

1.1. REFINACION DEL PETROLEO CRUDO

El petróleo crudo está compuesto por distintos productos, incluyendo al asfalto. La refinación permite separar estos productos y recuperar el asfalto. El diagrama del proceso para la extracción del asfalto del petróleo (Fig. 1), muestra la circulación del petróleo crudo a través de una refinería destacándose la parte del proceso relativa a la refinación y producción del cemento asfáltico.

Durante el proceso de refinación, el petróleo crudo es conducido a un calentador tubular donde se eleva rápidamente su temperatura para la destilación inicial. Luego entra a una torre de destilación donde se vaporizan los componentes o fracciones más livianas (más volátiles), y se los separa para su posterior refinamiento en nafta, gasolina, querosene y otros productos derivados del petróleo.

El residuo de este proceso de destilación es la fracción pesada del petróleo crudo, comúnmente llamada crudo reducido. Puede ser usado como fuel oil residual, o procesado en distintos productos, entre ellos el asfalto. Para separar la fracción asfalto del crudo reducido se puede utilizar un proceso de extracción mediante solventes. Luego, se refina la mayor parte de esta fracción para obtener cemento asfáltico. Según el proceso de refinación utilizado se obtienen cementos asfálticos de muy alta o de baja consistencia. Estos productos se mezclan después, en cantidades adecuadas, para obtener cementos asfálticos de la consistencia deseada. Los asfaltos soplados se producen insuflando aire a altas temperaturas al asfalto de consistencia apropiada. (ver Fig. N° 1).

1.2 REFINACION DEL ASFALTO

Diferentes usos requieren diferentes tipos de asfalto. Los refinadores de crudo deben tener maneras de controlar las propiedades de los asfaltos que producen, para que estos cumplan ciertos requisitos. Esto se logra, usualmente, mezclando varios tipos de crudos de petróleo antes de procesarlos. El hecho de poder mezclar permite al refinador combinar crudos que contienen asfaltos de características variables, para que el producto final posea exactamente las características solicitadas por el usuario.

Existen dos procesos por los cuales puede ser producido un asfalto, después de que se han combinado los crudos de petróleo: destilación por vacío y extracción con

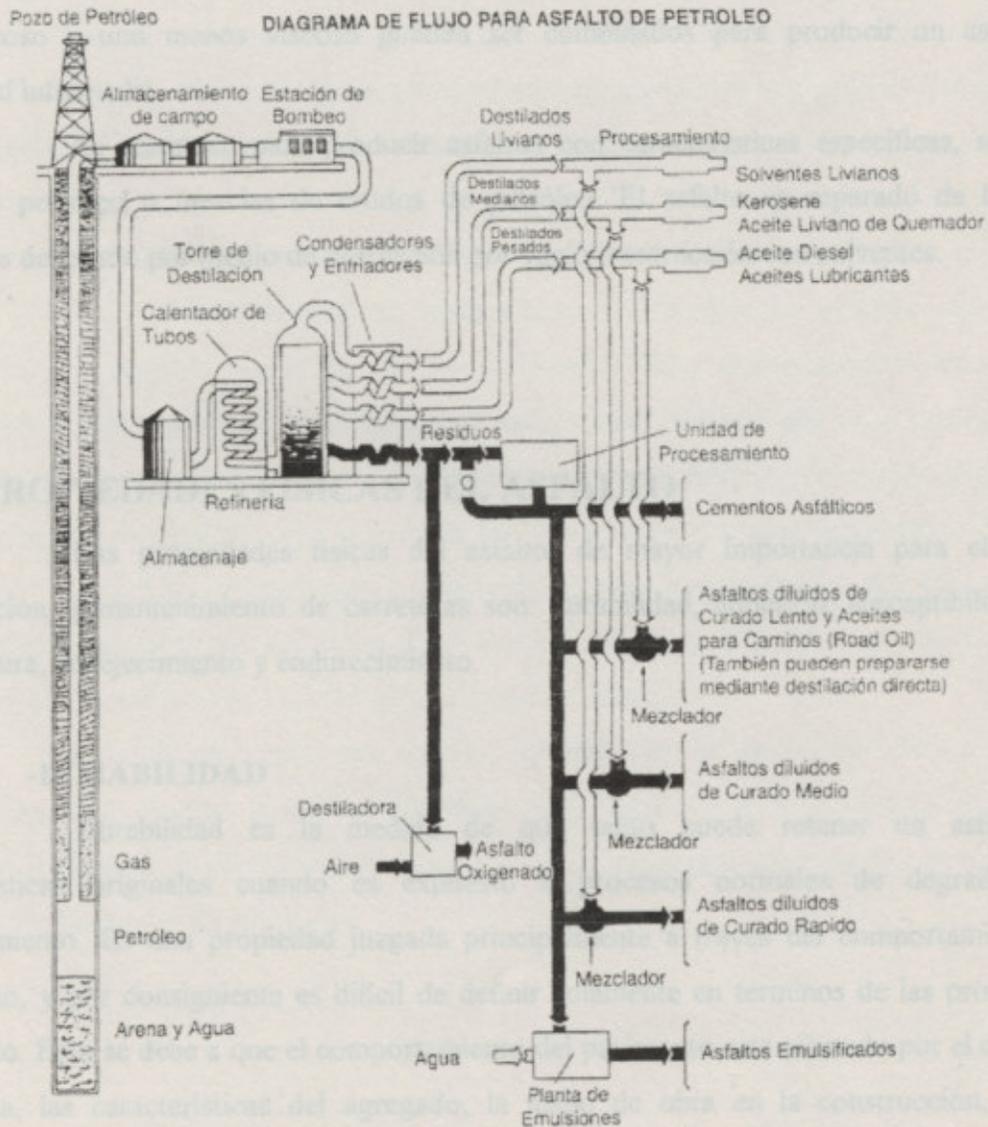


FIG. 1

ADHESIÓN Y COHESIÓN

Adhesión es la capacidad del asfalto para adherirse al agregado en la mezcla de pavimentación. Cohesión es la capacidad del asfalto de mantenerlo firme en su puesto, las partículas de agregado en el pavimento terminado.

solventes, la destilación por vacío consiste en separar el asfalto del crudo mediante la aplicación de calor y vacío. En el proceso de extracción con solvente, se remueven más gasóleos de crudo, dejando así un asfalto residual.

Una vez que los asfaltos han sido procesados, estos pueden ser mezclados entre sí, en ciertas proporciones, para producir grados intermedios de asfalto. Es así como un asfalto muy viscoso y uno menos viscoso pueden ser combinados para producir un asfalto de viscosidad intermedia.

En resumen, para producir asfaltos con características específicas, se usa el crudo de petróleo o mezclas de crudos de petróleo. El asfalto es separado de las otras fracciones del crudo por medio de destilación por vacío o extracción con solventes.

1.3 PROPIEDADES FÍSICAS DEL ASFALTO

Las propiedades físicas del asfalto, de mayor importancia para el diseño, construcción, y mantenimiento de carreteras son: durabilidad, adhesión, susceptibilidad a la temperatura, envejecimiento y endurecimiento.

-DURABILIDAD

Durabilidad es la medida de que tanto puede retener un asfalto sus características originales cuando es expuesto a procesos normales de degradación y envejecimiento. Es una propiedad juzgada principalmente a través del comportamiento del pavimento, y por consiguiente es difícil de definir solamente en términos de las propiedades del asfalto. Esto se debe a que el comportamiento del pavimento está afectado por el diseño de la mezcla, las características del agregado, la mano de obra en la construcción, y otras variables, que incluyen la misma durabilidad del asfalto.

-ADHESIÓN Y COHESIÓN

Adhesión es la capacidad del asfalto para adherirse al agregado en la mezcla de pavimentación. Cohesión es la capacidad del asfalto de mantener firmemente, en su puesto, las partículas de agregado en el pavimento terminado.

-SUSCEPTIBILIDAD A LA TEMPERATURA

Todos los asfaltos son termoplásticos; esto es, se vuelven más duros (más viscosos) a medida que su temperatura disminuye, y más blandos (menos viscosos) a medida que su temperatura aumenta. Esta característica se conoce como susceptibilidad a la temperatura, y es una de las propiedades más valiosas en un asfalto.

Es muy importante conocer la susceptibilidad a la temperatura del asfalto que va a ser utilizado pues ella indica la temperatura adecuada a la cual se debe mezclar el asfalto con el agregado, y la temperatura a la cual se debe compactar la mezcla.

-ENDURECIMIENTO Y ENVEJECIMIENTO

Los asfaltos tienden a endurecerse en la mezcla asfáltica durante la construcción, y también en el pavimento terminado. Este endurecimiento es causado principalmente por el proceso de oxidación (el asfalto combinándose con el oxígeno), el cual ocurre más fácilmente a altas temperaturas (como las temperaturas de construcción) y en películas delgadas de asfalto (como la película que cubre las partículas de agregado).

El asfalto se encuentra a altas temperaturas y en películas delgadas mientras está revistiendo las partículas del agregado durante el mezclado. Esto hace que la oxidación y el endurecimiento más severo ocurran en esta etapa de mezclado.

El endurecimiento del asfalto continúa en el pavimento después de la construcción. Este proceso puede ser retardado si se mantiene, en el pavimento terminado, una cantidad pequeña de vacíos de aire interconectados, junto con una capa gruesa de asfalto cubriendo las partículas de agregado.

1.4 ENSAYOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES DEL CEMENTO ASFÁLTICO

1.4.1 ENSAYO DE VISCOSIDAD

Las especificaciones de los cementos asfálticos clasificados según su viscosidad se basan por lo común en los rangos de viscosidad a 60°C. También se especifica

generalmente una viscosidad mínima a 135°C. El propósito es dar valores límites de consistencia a estas dos temperaturas. Se eligió la temperatura de 60°C porque se aproxima a la máxima temperatura superficial de las calzadas en servicio pavimentadas con mezclas asfálticas en los Estados Unidos y en cualquier otra parte del mundo en donde la construcción de caminos progresa; y la de 135°C, porque se aproxima a la de mezclado y distribución de mezclas asfálticas en caliente para pavimentación.

Para el ensayo de viscosidad a 60°C se emplea un viscosímetro de tubo capilar. Los dos tipos más comunes en uso son: el viscosímetro de vacío del Asphalt Institute (Fig. 2) y el viscosímetro de vacío de Cannon-Manning (Fig. 3). Se calibran con aceites normalizados. Para cada viscosímetro se obtiene un "factor de calibración". Generalmente, los viscosímetros vienen calibrados por el fabricante quien suministra estos factores.

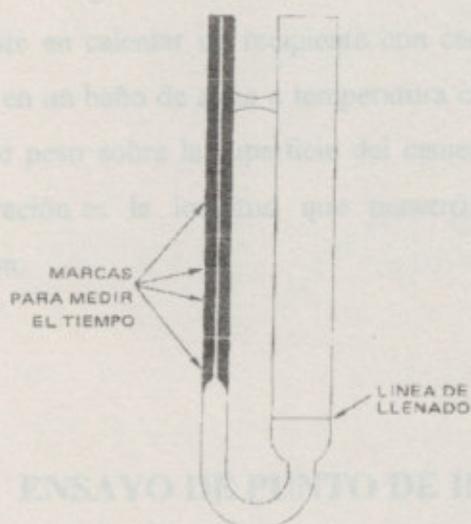


FIG 2.

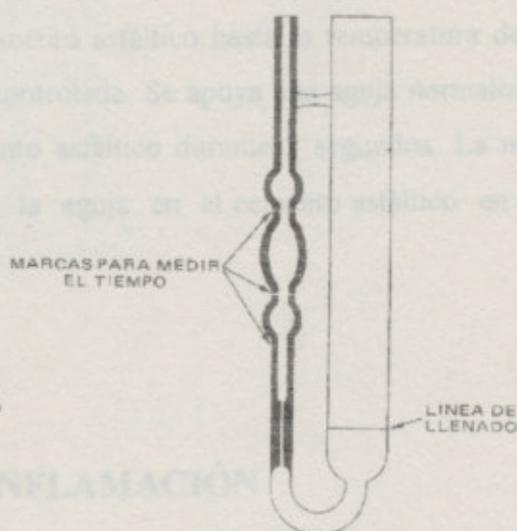


FIG 3.

El viscosímetro se monta en un baño de agua a temperatura constante, controlado termostáticamente. Se vuelca asfalto precalentado en el tubo grande hasta que alcanza el nivel de la línea de llenado. El viscosímetro lleno se mantiene en el baño por un cierto tiempo hasta que el sistema alcance la temperatura de equilibrio de 60°C.

Luego que el baño, viscosímetro y el asfalto se han estabilizado en 60°C o 135°C, según el caso, se aplica vacío y se mide con un cronómetro el tiempo, en segundos,

que tarda el cemento asfáltico en fluir entre dos de las marcas. Multiplicando este tiempo por el factor de calibración del viscosímetro se obtiene el valor de la viscosidad en poises, la unidad patrón para medir viscosidad absoluta.

Es necesario destacar que las medidas de viscosidad para 135°C se expresan en centistokes y para 60°C, en poises.

1.4.2 ENSAYO DE PENETRACIÓN

La consistencia del asfalto puede medirse con un método antiguo y empírico, como es el ensayo de penetración, en el cual se basó la clasificación de los cementos asfálticos en grados normalizados. En la Fig. 4 puede verse el ensayo de penetración normal. Consiste en calentar un recipiente con cemento asfáltico hasta la temperatura de referencia, 25°C, en un baño de agua a temperatura controlada. Se apoya una aguja normalizada, de 100 grs. de peso sobre la superficie del cemento asfáltico durante 5 segundos. La medida de la penetración es la longitud que penetró la aguja en el cemento asfáltico en unidades de 0,1 mm.

1.4.3 ENSAYO DE PUNTO DE INFLAMACIÓN

El punto de inflamación de un cemento asfáltico es la temperatura más baja a la cual se separan materiales volátiles de la muestra, y crean un “destello” en presencia de una llamada abierta. El punto de inflamación no debe ser confundido con el punto de combustión, el cual es la temperatura más baja a la cual el cemento asfáltico se inflama y quema. El punto de inflamación consiste, tan solo, en la combustión instantánea de las fracciones volátiles que se están separando del asfalto.

El punto de inflamación de un cemento asfáltico se determina para identificar la temperatura máxima a la cual este puede ser manejado y almacenado sin peligro de que se inflame. Esta información es muy importante debido a que el cemento asfáltico es generalmente calentado en su almacenaje con el fin de mantener una viscosidad lo suficiente baja para que el material pueda ser bombeado.

El procedimiento básico para determinar el punto de inflamación consiste en calentar, gradualmente, una muestra de cemento asfáltico en una copa de latón mientras se esta aplicando una pequeña llama sobre la superficie de la muestra Fig. 4. La temperatura a la cual se presentan destellos instantáneos de vapores sobre la superficie se denomina punto de inflamación. El Ensayo de Copa Abierta de Cleveland es el procedimiento más comúnmente usado para determinar el punto de inflamación.

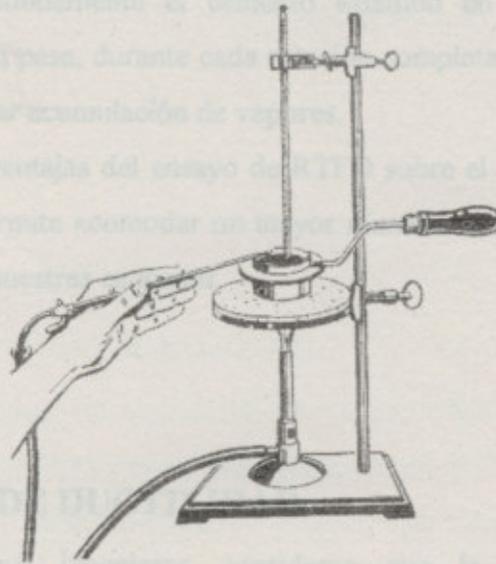


FIG 4.

1.4.4 ENSAYOS DE PELÍCULA DELGADA EN HORNO (TFO) Y ENSAYO DE PELÍCULA DELGADA EN HORNO ROTATORIO (RTFO)

Solamente son procedimientos que exponen una muestra de asfalto a unas condiciones que aproximan las ocurridas durante las operaciones de plantas de mezclado en caliente. Las pruebas de viscosidad y penetración, efectuadas sobre las muestras obtenidas después de los ensayos de TFO o RTFO, son usadas para medir el endurecimiento anticipado, del material, durante la construcción y durante el servicio del pavimento.

El procedimiento de TFO consiste en colocar una cantidad exacta de cemento asfáltico en un platillo de fondo plano tal que la muestra cubra el fondo del platillo con un espesor aproximado de 3 mm (1/8 pulgada). La muestra y el platillo se colocan, luego, en un

plato rotatorio dentro de un horno, y se mantiene una temperatura de 163°C por cinco horas. Enseguida se ensaya la muestra envejecida y endurecida artificialmente, para determinar su valor de viscosidad y/o penetración.

El equipo requerido por la prueba RTFO incluye un horno especial y unas botellas especialmente diseñadas para contener la muestra del ensayo. La muestra de cemento asfáltico se coloca en la botella, y luego se pone, de costado, en un soporte rotatorio, el cual hace girar continuamente la botella dentro del horno (mantenido a 163°C). La rotación de la botella expone continuamente el cemento asfáltico en forma de películas delgadas. La abertura de la botella pasa, durante cada rotación completa, por un chorro de aire que remueve de la botella cualquier acumulación de vapores.

Las ventajas del ensayo de RTFO sobre el ensayo de TFO consisten en que el horno del RTFO permite acomodar un mayor número de muestras y que el tiempo requerido para endurecer las muestras es menor.

1.4.6 ENSAYO DE SOLUBILIDAD

El ensayo de solubilidad es un procedimiento para medir la pureza de un cemento asfáltico. Una muestra es sumergida en un solvente (trinitroclorobenceno) en donde se

1.4.5 ENSAYO DE DUCTILIDAD

Algunos ingenieros consideran que la ductilidad es una característica importante de los cementos asfálticos. Sin embargo, generalmente se considera más significativa la presencia o ausencia de la misma, que su grado real. Algunos cementos asfálticos que tienen un grado muy alto de ductilidad son también más susceptibles a la temperatura. Es decir, que la variación de la consistencia puede ser mayor debido al cambio de temperatura.

La ductilidad de un cemento asfáltico se mide con un ensayo tipo “extensión” Fig. 5 para el que se moldea una probeta de cemento asfáltico en condiciones y medidas normalizadas. Se la lleva a la temperatura de ensayo de la norma, generalmente 25°C y se separa una parte de la probeta de la otra a cierta velocidad, normalmente 5 cm por minuto, hasta que se rompa el hilo de asfalto que une ambos extremos de la muestra. La ductilidad del asfalto es la distancia (en centímetros) a la cual se rompe dicho hilo.

1.5 VALORES Y ENSAYOS DE LOS ASFALTOS TRADICIONALES
 UTILIZADOS EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS

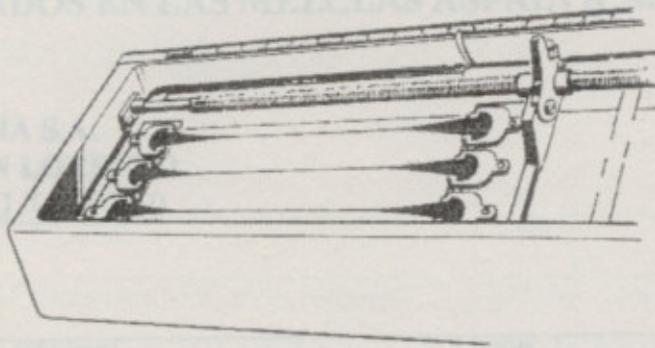


FIG 5.

1.4.6 ENSAYO DE SOLUBILIDAD

El ensayo de solubilidad es un procedimiento para medir la pureza de un cemento asfáltico. Una muestra es sumergida en un solvente (tricloroetileno) en donde se disuelven sus componentes cementantes activos. Las impurezas como las sales, el carbono libre, y los contaminantes inorgánicos, no se disuelven sino que se depositan en forma de partícula.

Estas impurezas insolubles son luego filtradas fuera de la solución y medidas como una proporción de la muestra original.

METODO	UNIDADES	ESPEC.	VALOR	
IRAM 6376	Penetración a 25°C, 100g. Segundo	0.1mm	Min 30 - Max. 60	34
IRAM 6377	Viscosidad Brookfield a 60°C	P	100 - Max. 3000	3019
IRAM 6377	Viscosidad Brookfield a 125°C	CS		513
IRAM 115	Punto de ablandamiento	°C	Min. 40	30,3
IRAM 6376	Penetración del asfalto	0.1mm	Min. 30	34
IRAM 6377	Viscosidad Brookfield a 60°C	P	Max. 3000	3019
IRAM 6377	Viscosidad Brookfield a 125°C	CS		513
IRAM 6377	Retención Visc a 60°C (RFD) respecto orig			10
IRAM 6377	Retención Visc a 125°C (RFD) respecto orig			13
IRAM 115	Punto de ablandamiento	°C		30,3
IRAM 1476	Penetración del asfalto	0.1mm		34
IRAM 6604	Índice de penetración			4,8

1.5 VALORES Y ENSAYOS DE LOS ASFALTOS TRADICIONALES UTILIZADOS EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS

PECOM ENERGÍA S.A.
COMPLEJO SAN LORENZO
TK 117 – ASFALTO 50/60

MÉTODO	ANÁLISIS	UNID.	ESPEC.	VALOR
IRAM 6576	Penetración a 25°C, 100g, 5segundos	0,1mm	Mín 50 – Máx. 60	58
IRAM 6837	Viscosidad Brookfield a 60°C	P	Mín. 2400 – Máx. 3600	2619
IRAM 6837	Viscosidad Brookfield a 135°C	CSt		515
IRAM 115	Punto de ablandamiento	°C	Mín. 49	50,3
IRAM 6579	Ductilidad a 25 °C	Cm	Mín. 100	Sup 150
INTERNO	Densidad a 25°C/25°C	-		0,9990
IRAM 6555	Punto de inflamación V. Ab. Cleveland	°C	Mín.230	360
IRAM 6604	Índice de penetración		Mín. -1,5 – Máx. 0,5	-0,9
IRAM 6594	Oliensis		Negativa	Negativa
IRAM 6585/6604	Solubilidad en 1,1,1 Tricloroetano	%P	Mín. 99	99,9
IRAM 6582	<u>Ensayo Película Delgada (RTFOT)</u>			
IRAM 6604	Pérdidas	%P	Máx 1	0,098
IRAM 6582	Penetración a 25°C respecto a original	%	Mín 50	70
IRAM 6579	Ductilidad a 25°C	Cm	Mín 50	Sup 150
IRAM 6837	Viscosidad Brookfield a 60°C	P	Máx 7000	5191
IRAM 6837	Viscosidad Brookfield a 135°C	CSt		694
	Relación Visc a 60°C RTFO respecto orig.			2,0
	Relación Visc a 135°CRTFO respecto orig			1,3
IRAM 115	Punto de ablandamiento	°C		54,3
IRAM 6576	Penetración del residuo	1/10mm		38
IRAM 6604	Índice de penetración			-0,8

PECOM ENERGÍA S.A.
COMPLEJO SAN LORENZO
TK 115 – ASFALTO 70/100

MÉTODO	ANÁLISIS	UNID.	ESPEC.	VALOR
IRAM 6576	Penetración a 25°C, 100g, 5segundos	0,1mm	Mín 70 – Máx. 100	83
IRAM 6837	Viscosidad Brookfield a 60°C	P	Mín. 800 – Máx. 1600	1600
IRAM 6837	Viscosidad Brookfield a 135°C	cP		375
IRAM 115	Punto de ablandamiento	°C		45,9
IRAM 6579	Ductilidad a 25 °C	Cm	Mín. 100	Sup 150
INTERNO	Densidad a 25°C/25°C	-		0,9960
IRAM 6555	Punto de inflamación V. Ab. Cleveland	°C	Mín. 230	343
IRAM 6604	Índice de penetración		Mín -1,5 –Máx. 0,5	-0,9
IRAM 6594	Oliensis		Negativa	Negativa
IRAM 6585/6604	Solubilidad en 1,1,1 Tricloroetano	%P	Mín. 99	99,9
IRAM 6582	<u>Ensayo Película Delgada (RTFOT)</u>			
IRAM 6604	Pérdidas	%P	Máx 1	0,084
IRAM 6582	Penetración a 25°C respecto a original	%	Mín 50	72
IRAM 6579	Ductilidad a 25°C	Cm	Mín 50	Sup 150
IRAM 6837	Viscosidad Brookfield a 60°C	P		2308
IRAM 6837	Viscosidad Brookfield a 135°C	CSt		478
	Relación Visc a 60°C RTFO respecto orig.			1,44
	Relación Visc a 135°CRTFO respecto orig			1,27
IRAM 115	Punto de ablandamiento	°C		49,2
IRAM 6576	Penetración del residuo	1/10mm		63
IRAM 6604	Índice de penetración			-0,8

REPSOL YPF

PRODUCTO: Bitalco Asfalto 70-100

PRODUCTO: Asfalto P 50-60

Ensayo	Método	Valores
Producto original		
Penetración 25°C, 100g, 5seg., (0.1mm)	IRAM 6576/ASTM D 5	73,3
Punto de ablandamiento (°C)	IRAM 115/ASTM D-36	49,1
Índice de penetración	IRAM 6604	-0,6
Densidad	ASTM D-70/NLT-122	1,010
Viscosidad 60 °C, (poise)	ASTM D-2171/ASTM D-4402	1656
Ensayo de envejecimiento (RTFO)		
Pérdida de masa (%)	ASTM D-2872	0,7
Viscosidad del residuo 60 °C, (poise)	ASTM D-2171/ASTM D-4402	4728
Pérdida de masa (%)	ASTM D-2872	0,3413
Penetración respecto original (%)	IRAM 6576/ASTM D 5	34
Viscosidad del residuo 60 °C, (poise)	ASTM D-2171/ASTM D-4402	733

2. ASFALTOS MODIFICADOS CON POLÍMEROS

REPSOL YPF

PRODUCTO: Asfasol F 50-60

Ensayo	Método	Valores
Producto original		
Penetración 25°C, 100g, 5seg., (0.1mm)	IRAM 6576/ASTM D 5	50
Punto de ablandamiento (°C)	IRAM 115/ASTM D-36	55
Índice de penetración	IRAM 6604	0
Viscosidad 60 °C, (poise)	ASTM D-2171/ASTM D-4402	3167
Solubilidad en 1 1 1 Tricloroetano % P	IRAM 6604/ASTM D-2042	>99
Oliensis	IRAM 6594	Neg.
Ensayo de envejecimiento (RTFO)		
Pérdida de masa (%)	ASTM D-2872	0,3413
Penetración respecto original (%)	IRAM 6576/ASTM D 5	54
Viscosidad del residuo 60 °C, (poise)	ASTM D-2171/ASTM D-4402	7733

2. ASFALTOS MODIFICADOS CON POLIMEROS

GENERALIDADES

La continua búsqueda en pro de lograr cementos asfálticos con mejores performances llevó al desarrollo de los asfaltos modificados con polímeros. Los mismos se obtienen a partir de la modificación de las características reológicas de los cementos asfálticos convencionales mediante la incorporación de diferentes polímeros. Estos polímeros son sustancias macromoleculares formadas por asociación de gran cantidad de moléculas sencillas, siendo su característica esencial su elevado peso molecular. Existe gran cantidad de materiales poliméricos, pero atendiendo a su estructura y propiedades se clasifican en tres grandes grupos termoendurecibles, termoplásticos y elastómeros, perteneciendo a estos dos últimos grupos los más difundidos en la modificación de asfaltos para uso vial. La incorporación de un polímero (sustancia macromolecular con propiedades viscoelásticas) a un asfalto, da lugar a interacciones entre las moléculas del primero y los componentes del segundo que producen alteraciones en el sistema coloidal del asfalto, con el consiguiente cambio de propiedades del mismo.

Los asfaltos modificados con polímeros elevan la vida útil de un pavimento de dos a tres veces (según el caso a aplicar) con un costo adicional de hasta un 25% sobre la mezcla asfáltica. Esta plenamente probado que los asfaltos convencionales poseen propiedades satisfactorias tanto mecánicas como de adhesión en una amplia gama de aplicaciones y bajo distintas condiciones climáticas y de tránsito, sin embargo, el creciente incremento de algunos casos, las propiedades de los asfaltos convencionales resulten insuficientes. Por ejemplo, con los asfaltos convencionales, aun con los grados más duros, no es posible eliminar el problema de las deformaciones producidas por el tránsito canalizado (ahuellamiento), especialmente cuando se deben afrontar condiciones de alta temperatura. Además, con la simple adopción de asfaltos más duros se corre el riesgo de fisuraciones por efectos térmicos cuando las temperaturas son muy bajas.

Ante las situaciones mencionadas, además de apelar a nuevas tecnologías constructivas y del resto de los materiales (áridos), una solución evidente fue mejorar algunas características de los asfaltos para lograr un mejor comportamiento de los pavimentos. Ello dio origen a nuevos asfaltos que genéricamente fueron denominados "Asfaltos Modificados".

En la Argentina también se utilizan otros tipos de modificadores en la siguiente relación durante los ensayos y constructivos realizados durante los últimos tres años:

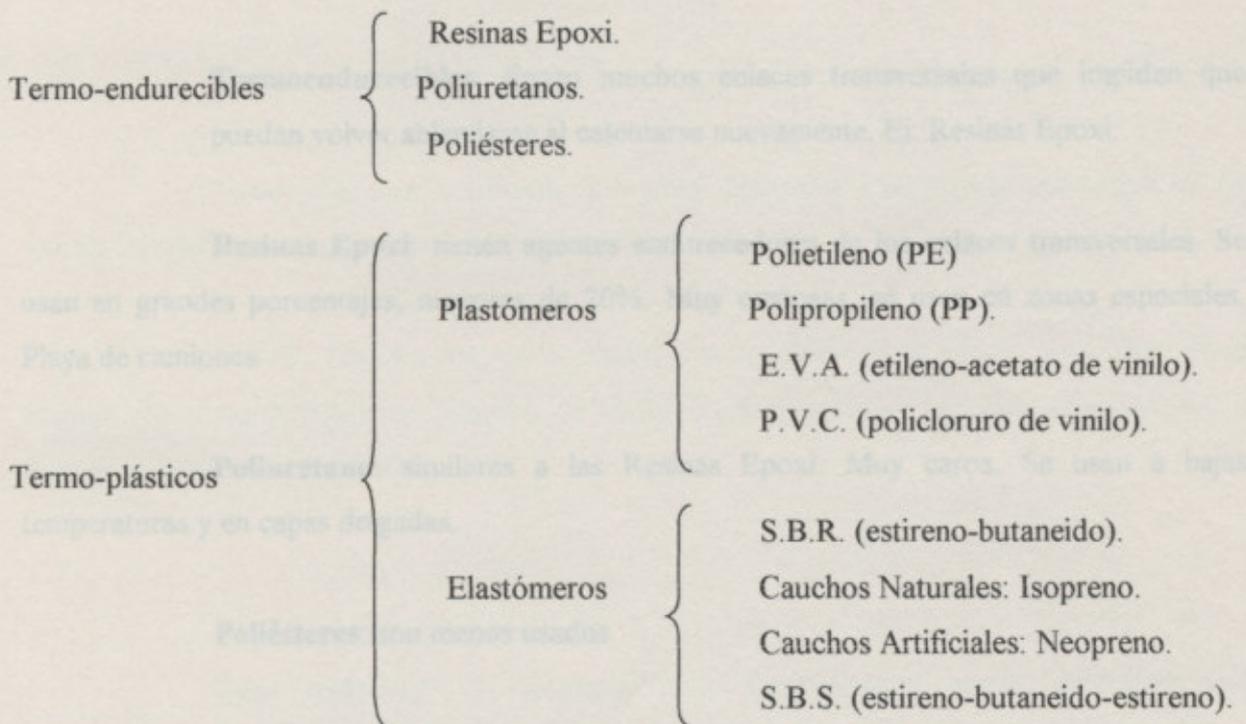
Relación entre los modificadores empleados:

Modificados con Elastómeros: 34% SBS

Modificados con Plastómeros: 12% EVA

Modificados con Asfáltica: 54%

2.1 CLASIFICACION DE POLIMEROS PARA USO VIAL



Para aclarar ciertos términos diremos que:

Polímero: Son sustancias formadas por la unión de cientos o miles de moléculas pequeñas llamadas monómeros. Se forman así moléculas gigantes que toman formas diversas.

- Cadenas en forma de escalera.
- Cadenas unidas o termofijas que no pueden ablandarse al ser calentadas.
- Cadenas largas y sueltas: polimeros lineales.
- Cadenas ramificadas sin enlaces permanentes: polimeros radiales.

Variando la posición de los distintos monómeros que forman el polímero obtengo copolímeros:

- alternados.
- al azar.
- en bloque.
- injertados.

Homopolímeros: que tienen una sola unidad estructural (monómero).

Copolímeros: tienen varias unidades estructurales distintas. Ej: SBS, EVA.

Termoendurecibles: tienen muchos enlaces transversales que impiden que puedan volver ablandarse al calentarse nuevamente. Ej: Resinas Epoxi.

Resinas Epoxi: tienen agentes endurecedores de los enlaces transversales. Se usan en grandes porcentajes, mayores de 20%. Muy costosas, se usan en zonas especiales. Playa de camiones.

Poliuretano: similares a las Resinas Epoxi. Muy caros. Se usan a bajas temperaturas y en capas delgadas.

Poliésteres: son menos usados.

Plastómeros: al estirarlos se sobrepasa la tensión de fluencia, no volviendo a su longitud original al cesar la sollicitación. Tienen deformaciones pseudoplásticas con poca elasticidad.

Elastómeros: al estirarlos como los anteriores vuelven a su longitud original (elásticos).

Polietileno: tiene buena resistencia a tracción y buena resistencia térmica, como también buen comportamiento a bajas temperaturas.

Polipropileno atáctico (EPDM): se lo mezcla con elastómeros para hacerlo más flexible. Muy flexible y resistente al calor y a los agentes químicos.

P.V.C.: (Policloruro de vinilo): tiene muy baja actividad química, pero al mezclarlo con el asfalto a 130°C se gelifica, obteniéndose un ligante más viscoso que el original. Muy resistente a los solventes, es usado en estaciones de servicio y aeropuertos. Se usa de un 2 al 6%. Tiene bajo precio comparativamente.

S.B.R.: cauchos sintéticos del 25% de estireno y 75% de butadieno. Para mejorar su adhesividad se le incorpora ácido acrílico.

Isopreno: caucho natural, se lo usa para hacer caucho sintético.

Neopreno: caucho sintético con gran resistencia a los agentes atmosféricos. Se usa en carreteras para apoyo de vigas y estructuras.

E.V.A.: (etileno-acetato de vinilo): los copolímeros de etileno copolimerizan al etileno con otros monómeros (acetato de vinilo) para destruir su regularidad estructural y reducir su grado de cristalinidad.

Sus propiedades dependen del:

Peso molecular: Si aumenta-menor flexibilidad y mayor dificultad para mezclarlo.

% Acetato de Vinilo (33 al 40 %) – si aumenta es más flexible. Hay que recircularlo en almacenamiento para evitar la separación. Se lo mezcla a 160°C sin aditivos. Tiene buena compatibilidad con el asfalto.

S.B.S.: (estireno-butadieno-estireno) o caucho termoplástico: desarrollado en Estados Unidos en la década del 60 en adhesivos y suelos. Llega luego al asfalto. Los dos homopolímeros que lo forman son incompatibles entre sí. El más incompatible: el Estireno (fase dura) con temperatura de cristalización en 100°C.

Butadieno: (fase elástica) con temperatura de cristalización menor que la ambiente.

El polímero consiste en un homopolímero central (Butadieno) comprendido entre dos bloques rígidos de Poliestireno. Cuando se incorpora al asfalto, los bloques de PS asociados a los núcleos del asfalto forman una red tridimensional, impartiendo una gran elasticidad al asfalto. Al calentarse el asfalto, los núcleos de PS comienzan a disociarse facilitando el mezclado y la compactación. Al enfriarse nuevamente se restablece la red tridimensional, mejorando sus propiedades en servicio.

2.2 VALORES Y ENSAYOS DE LOS ASFALTOS MODIFICADOS UTILIZADOS EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS.

REPSOL YPF
 PRODUCTO: AM-YPF-3C

Ensayo	Método	Valores
Producto original		
Penetración 25°C, 100g, 5seg., (0.1mm)	IRAM 6576/ASTM D 5	66
Punto de ablandamiento (°C)	IRAM 115/ASTM D-36	81,2
Viscosidad 135°C, S27, 50 rpm, (cP)	ASTM D-4402	2145
Viscosidad 150°C, S27, 50 rpm, (cP)	ASTM D-4402	847
Viscosidad 170°C, S27, 50 rpm, (cP)	ASTM D-4402	320
Viscosidad 190°C, S27, 50 rpm, (cP)	ASTM D-4402	170
Recuperación elástica torsional (%)	NLT - 329	75
Ensayo de envejecimiento (RTFO)		
Pérdida de masa, (%)	ASTM D-2872	0.43
Penetración respecto original (%)	IRAM 6576/ASTM D 5	65

2.3. COMPARACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES DE LOS ASFALTOS TRADICIONALES CON ASFALTO MODIFICADO

PECOM ENERGÍA S.A.
COMPLEJO SAN LORENZO
AM 3 – ASFALTO 70/100 CON 4% SBS (Kraton 1186R)

PENETRACIÓN A 100

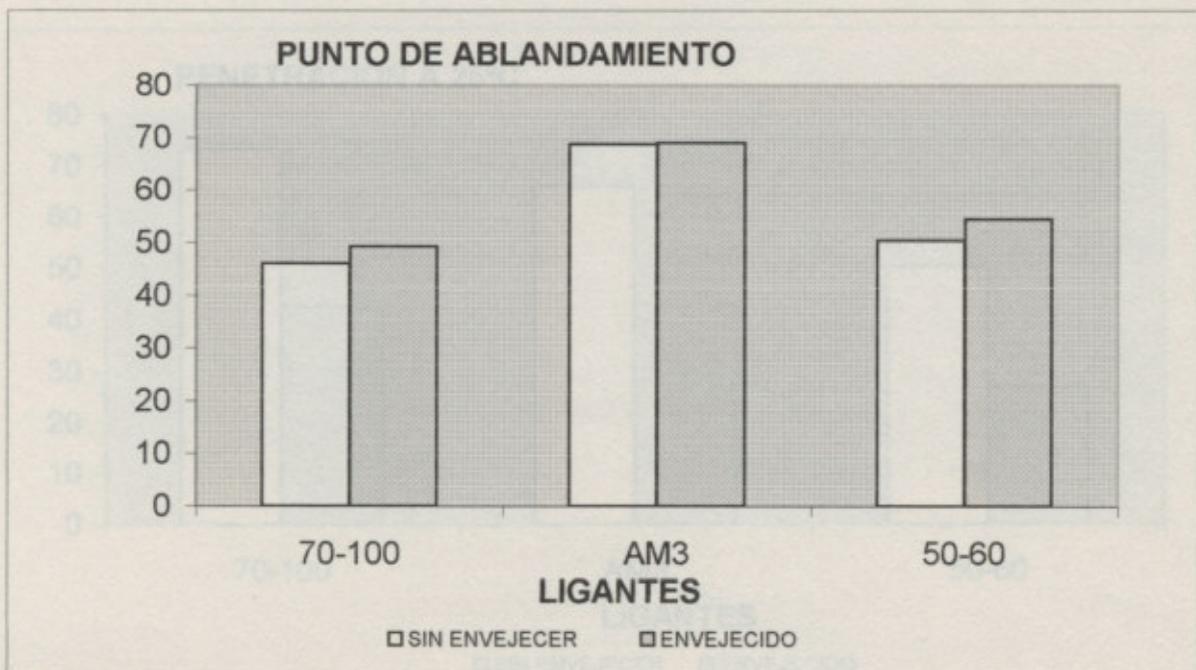
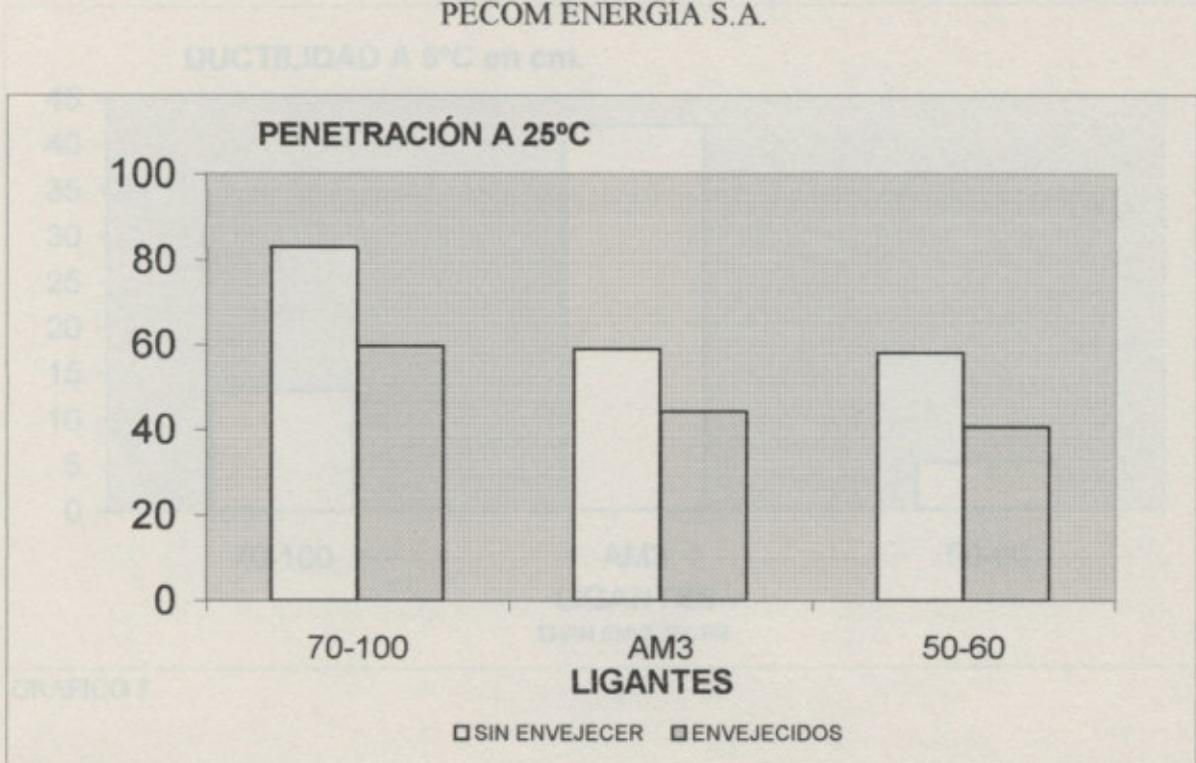
MÉTODO	ANÁLISIS	UNID.	ESPEC.	VALOR
IRAM 6576	Penetración a 25°C, 100g, 5segundos	0,1mm	50 - 80	59
IRAM 6838	Viscosidad Brookfield a 135°C, rotor 27, 119rpm , 49,8 % torque	cP		3289
IRAM 6838	Viscosidad Brookfield a 150°C, rotor 27, 242rpm , 50,0 % torque	cP		1268
IRAM 6838	Viscosidad Brookfield a 170°C, rotor 21, 65rpm , 57,7 % torque	cP		439
IRAM 6838	Viscosidad Brookfield a 190°C, rotor 21	cP		192
ASTM D-36	Punto de ablandamiento	°C	Mín. 65	68,8
IRAM 6579	Ductilidad a 5°C	cm	Mín. 30	42
IRAM 6830	Recuperación elástica por torsión	%	Mín. 70	73,2
ASTM D-6084	Recuperación elástica longitudinal a 25°C	%		85
	Punto de Rotura Fraas (Calc. En diag. Heukelon)	°C	Máx. -12	-15
IRAM 6604	Índice de penetración			3,1
	Ensayo Película Delgada (RTFOT)			
IRAM 6604	Pérdidas	%P	Máx. 1	0,091
IRAM 6582	Penetración a 25°C respecto orig.	%	Mín. 65	75
IRAM 6579	Ductilidad a 25°C	Cm		29
IRAM 6837	Viscosidad Brookfield a 135°C, rotor 21, rpm, % torque	cP		3205
IRAM 6837	Viscosidad Brookfield a 150°C, rotor 21, rpm, % torque	cP		1367
IRAM 6837	Viscosidad Brookfield a 170°C, rotor 21, rpm, % torque	cP		522
IRAM 6837	Viscosidad Brookfield a 190°C, rotor 21, rpm, % torque	cP		210
IRAM 115	Punto de ablandamiento	°C		69
	Dif. del punto de ablandamiento respecto a original	°C	-5 a 10 del original	0.2
IRAM 6576	Penetración del residuo	1/10mm		44
ASTM D-6084-97	Recuperación elástica lomgitudinal a 25°C	%		81
IRAM 6830	Recuperación elástica por torsión	%		67.2
IRAM 6604	Índice de penetración			2.3
IRAM 6840	Ensayo de estabilidad al almacenamiento			
	Diferencia del punto de ablandamiento fondo respecto de la superficie	°C	Máx. 5	3.2
ASTM D-36	Punto de ablandamiento superficie	°C		73.8
ASTM D-36	Punto de ablandamiento fondo	°C		70.6
	Diferencia de la penetración fondo respecto de la superficie	1/10mm	Máx. 10	-1
IRAM 6576	Penetración a 25°C, 100g, 5 segundos Superficie	1/10mm		51
IRAM 6576	Penetración a 25°C, 100g, 5 segundos Fondo	1/10mm		52

GRÁFICO 2

2.3, COMPARACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES DE LOS ASFALTOS TRADICIONALES CON ASFALTO MODIFICADO

ENSAYOS CARACTERÍSTICOS

Para ligantes asfálticos
PECOM ENERGÍA S.A.



ENSAYOS CARACTERÍSTICOS

Para ligantes asfálticos
PECOM ENERGÍA S.A.

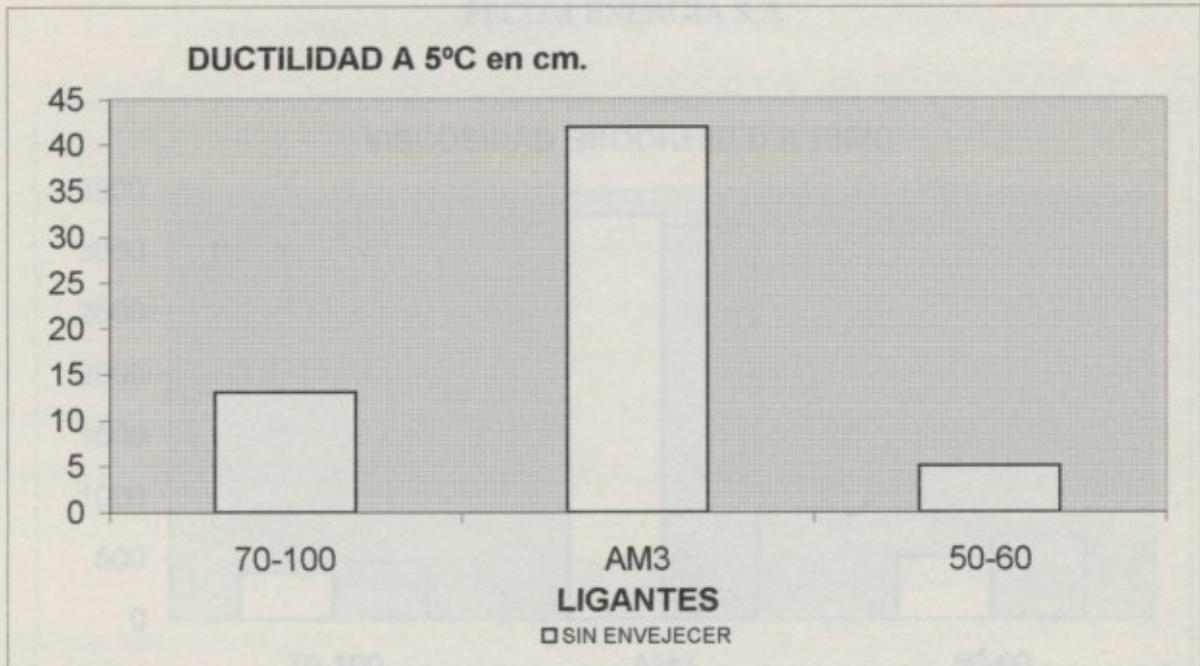


GRAFICO 5

REPSOL YPF

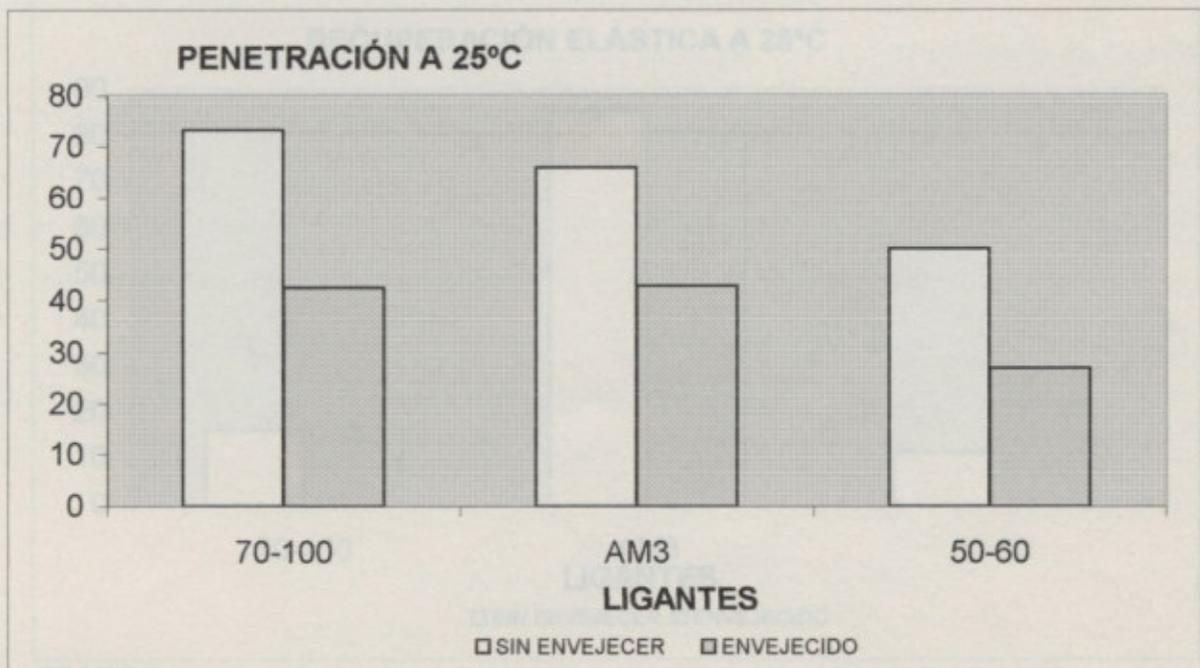


GRAFICO 6

OBSERVACIONES

ENSAYOS CARACTERÍSTICOS

Para ligantes asfálticos
PECOM ENERGÍA S.A.

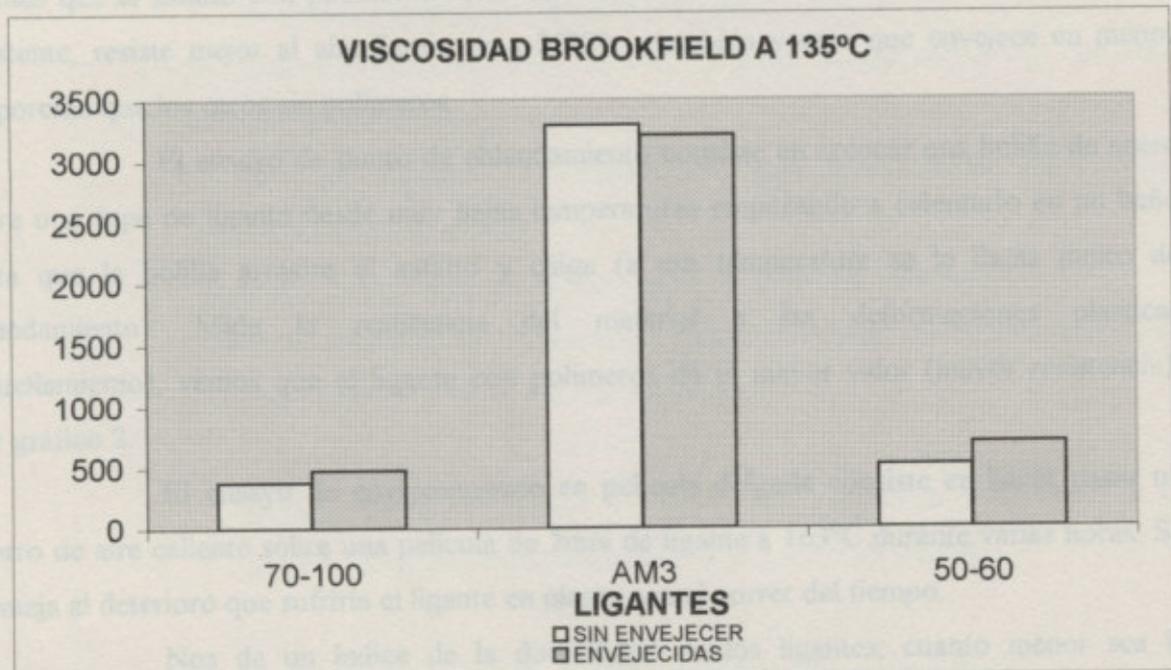


GRAFICO 3

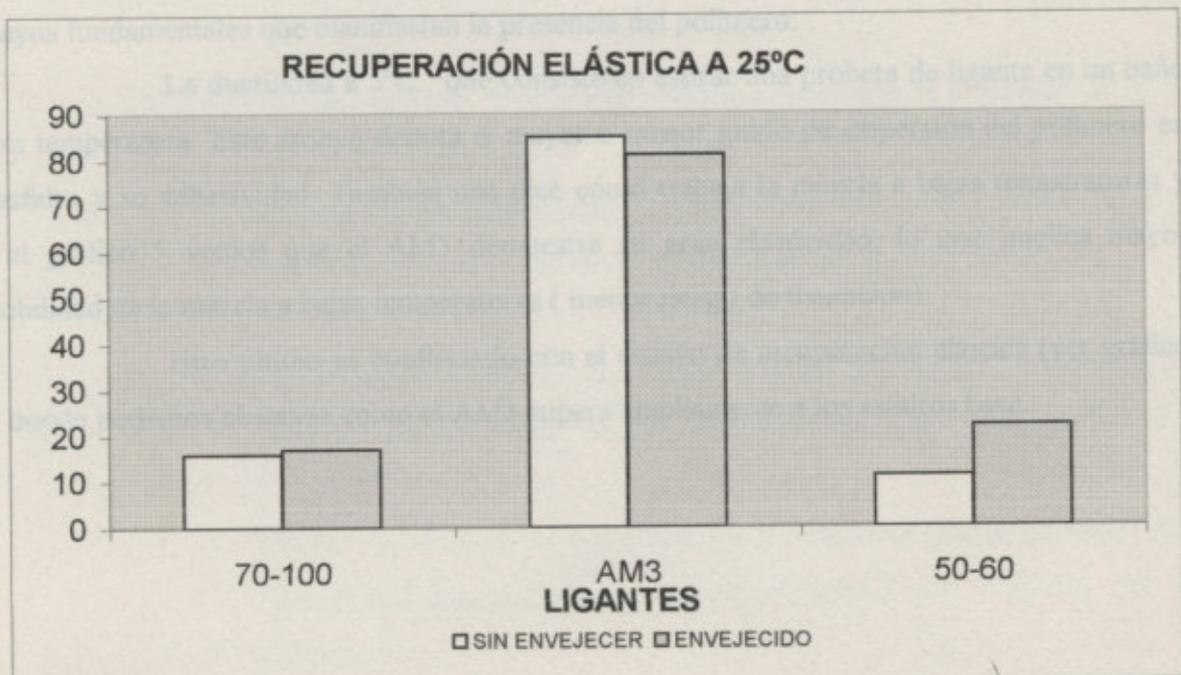


GRAFICO 4

2.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ASFALTO MODIFICADO CON POLÍMEROS

OBSERVACIONES

Brevemente haremos algunas reflexiones sobre ellos:

El ensayo de penetración consiste en una aguja cayendo sobre una muestra de asfalto. Es una medida empírica y convencional de la consistencia del ligante. En el gráfico 1 vemos que el asfalto con polímeros AM3 este valor disminuye (se vuelve más viscoso, más resistente, resiste mejor al ahuellamiento a 25°C) y también vemos que envejece en menor proporción que los otros sin polímeros.

El ensayo de punto de ablandamiento consiste en colocar una bolilla de acero sobre una capa de ligante desde muy bajas temperaturas empezando a calentarlo en un baño hasta que la bolilla arrastre al asfalto y caiga (a esa temperatura se le llama punto de ablandamiento). Mide la resistencia del material a las deformaciones plásticas (ahuellamiento), vemos que el ligante con polímeros da el mayor valor (mayor resistencia). Ver gráfico 2.

El ensayo de envejecimiento en película delgada consiste en hacer pasar un chorro de aire caliente sobre una película de 3mm de ligante a 163°C durante varias horas. Se asemeja al deterioro que sufriría el ligante en planta con el correr del tiempo.

Nos da un índice de la durabilidad de los ligantes, cuanto menor sea la diferencia antes y después de película delgada, mejor será el comportamiento. En los gráficos 1, 2 y 4 se ve que el AM3 tiene menor variación que los asfaltos tradicionales. Pero hay dos ensayos fundamentales que manifiestan la presencia del polímero:

La ductilidad a 5°C : que consiste en estirar una probeta de ligante en un baño a esa temperatura. Este ensayo denota el mayor o menor grado de dispersión del polímero en el asfalto y su adhesividad. También nos dice cómo trabaja la mezcla a bajas temperaturas y en el gráfico 5 vemos que el AM3 demuestra su gran elasticidad, lo que implica mayor flexibilidad de la mezcla a bajas temperaturas (menor riesgo de fisuración).

Esto último es confirmado con el ensayo de recuperación elástica (ver gráfico 4), donde podemos observar cómo el AM3 supera ampliamente a los asfaltos base.

* Mayor resistencia al envejecimiento: mientras las propiedades del ligante por los años más activos del asfalto son ocupadas por el polímero.

2.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ASFALTO MODIFICADO CON POLIMEROS.

VENTAJAS

▪ Disminuye la susceptibilidad térmica.

- Se obtienen mezclas más rígidas a altas temperaturas de servicio reduciendo el ahuellamiento.
- Se obtienen mezclas más flexibles a bajas temperaturas de servicio reduciendo el fisuramiento.
- Disminuye la pendiente de la recta en el diagrama de Heukelom.
- Aumenta el índice de Plasticidad, diferencia entre las temperaturas del Punto de Fraas y el Punto de Ablandamiento.

▪ Disminuye la exudación de asfalto: por la mayor viscosidad de la mezcla, su menor tendencia a fluir y su mayor elasticidad.

▪ Mayor elasticidad: debida a los polímeros de cadena larga.

▪ Mayor adherencia: debida a los polímeros de cadena corta.

▪ Mayor cohesión: el polímero refuerza la cohesión de la mezcla.

▪ Mejora la trabajabilidad y la compactación: por la acción lubricante del polímero o de los aditivos incorporados para mezclarlo.

▪ Mejor impermeabilización: en los sellados bituminosos, pues absorbe mejor los esfuerzos tangenciales, evitando la propagación de las fisuras.

▪ Mayor resistencia al envejecimiento: mantiene las propiedades del ligante pues los sitios más activos del asfalto son ocupados por el polímero.

- **Mayor durabilidad:** los ensayos de envejecimiento acelerado en laboratorio demuestran su excelente resistencia al cambio de sus propiedades características.
- **Mejora la vida útil de las mezclas:** menos trabajo de conservación.
- **Fácilmente disponible en el mercado.**
- **Permite un mayor espesor de película de asfalto sobre los agregados.**
- **Mayor resistencia al derrame de combustibles.**
- **Reduce costos de mantenimiento.**
- **Disminuye el nivel de ruidos:** sobre todo en mezclas abiertas.
- **Aumenta el Módulo de las mezclas.**
- **Permite la reducción de hasta el 20% de los espesores por su mayor Módulo.**
- **Mayor resistencia a la tracción por flexión en la cara inferior de las capas de mezclas asfálticas.**
- **Permite un mejor sellado de fisuras.**
- **Buenas condiciones de almacenamiento a temperaturas moderadas.**
- **No requiere equipos especiales:** sirven:
 - La planta asfáltica en sus distintos tipos.
 - El camión regador de asfalto.

1. - El distribuidor de piedra.
- El compactador convencional.

GENERALIDADES

DESVENTAJAS

- **Alto costo del polímero.**
- **Dificultades de mezclado:** no todos los asfaltos tienen compatibilidad idéntica con los polímeros, necesitan aditivos correctores.
- **Dificultad de uso:** una vez elaborado tiene que ser almacenado en caliente (a 165°C con agitación continua para que no se separe) y es incorporado rápidamente a la mezcla para que no se segregue o degrade térmicamente por evaporación de los volátiles.
- **En caso de almacenamiento prolongado, se debe bajar la temperatura a 120°C.**
- **Deben extremarse los cuidados de elaboración de la mezcla.**
- **Los agregados no deben estar húmedos ni sucios.**

La temperatura mínima de distribución es 145°C por su rápido endurecimiento.

3. AGREGADOS PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS

GENERALIDADES

Agregado, también conocido como roca, material granular, o agregado mineral, es cualquier material mineral duro e inerte usado, en forma de partículas graduadas o fragmentos, como parte de un pavimento de mezcla asfáltica en caliente.

Los agregados típicos incluyen arena, grava, piedra triturada, escoria, y polvo de roca.

El agregado constituye entre el 90 y el 95 %, en peso, y entre el 75 y el 85 %, en volumen, de la mayoría de las estructuras de pavimento.

El comportamiento de un pavimento se ve altamente influenciado por la selección apropiada del agregado, debido a que el agregado mismo proporciona la mayoría de las características de capacidad portante.

3.1. CLASIFICACION DE AGREGADOS

No es propósito de este trabajo describir en detalle el origen de las rocas, de las cuales proceden los materiales denominados agregados. Sin embargo es indispensable un breve comentario ya que el conocimiento de su origen es importante para entender la producción de agregados minerales.

Las rocas están clasificadas en tres grupos generales: sedimentarias, ígneas y metamórficas. Esta clasificación indica el origen o formación de las rocas.

3.1.1. ROCAS SEDIMENTARIAS CLASIFICACIÓN GENERAL DE ROCAS

CLASE	TIPO	FAMILIA
Sedimentarias	Calcáreas	Caliza
		Dolomita
	Silíceas	Arcilla Esquistosa
		Arenisca
Horsteno		
Metamórficas	Foliadas	Conglomerado
		Breccia
		Gneis
		Esquisto
	No Foliadas	Anfibolita
		Pizarra
		Cuarcita
		Mármol
		Serpentina

3.1.2. ROCAS IGNEAS

Igneas	Intrusivas (de grano grueso)	Granito
		Sienita
		Diorita
		Garbo
		Periodotita
		Piroxenita
		Hornablendita
	Extrusivas (de grano fino)	Obsidiana
		Pómez
		Tufa
		Riolita
		Traquita
		Andesita
		Basalto
Diabasa		

3.1.1 ROCAS SEDIMENTARIAS

Las rocas sedimentarias se forman por la acumulación de sedimentos (partículas finas) en el agua, o a medida que el agua se deposita. El sedimento puede consistir de partículas minerales o fragmentos (como es el caso de las areniscas y la arcilla esquistosa), de residuos de productos animales (algunas calizas), de plantas (carbón), de los productos finales de una acción química o una evaporación (sal, yeso), o de la combinación de cualquiera de estos tipos de materiales.

Dos términos que usualmente se aplican a rocas sedimentarias son silíceo y calcáreo. Rocas sedimentarias silíceas son aquellas que contienen un porcentaje alto de sílice. Aquellas rocas que contienen un alto porcentaje de carbonato de calcio (calizas) son llamadas calcáreas.

Las rocas sedimentarias se encuentran, característicamente, en capas (estratos), dentro de la corteza terrestre. Esta estratificación es el resultado directo de la manera en que se formaron las rocas sedimentarias: a partir de depósitos de partículas finas, generalmente sedimentados sobre el fondo de lagos o mares antiguos.

3.2. FUENTES DE AGREGADOS

3.1.2. ROCAS IGNEAS

Las rocas ígneas constan de material fundido (magma) que se ha enfriado y solidificado. Hay dos tipos de rocas ígneas: extrusivas e intrusivas.

Las rocas ígneas extrusivas son formadas a partir del material que se ha vertido afuera, sobre la superficie terrestre, durante una erupción volcánica o alguna actividad geológica similar. La roca resultante tiene una apariencia y estructura vidriosa, debido a que el material se enfría rápidamente al ser expuesto a la atmósfera. La riolita, la andesita, y el basalto son ejemplos de rocas extrusivas.

Las rocas intrusivas, por otro lado, se forman a partir del magma que queda atrapado en las profundidades de la corteza terrestre. Al ser atrapado en la corteza, el magma se enfría y endurece lentamente, permitiendo la formación de una estructura cristalina. En consecuencia, la roca ígnea intrusiva es cristalina en estructura y apariencia; siendo ejemplos el granito, la diorita, y el gabro. Los movimientos terrestres y los procesos de erosión traen rocas intrusivas a la superficie terrestre, donde pueden ser explotadas en cantera y posteriormente usadas.

3.1.3. ROCAS METAMORFICAS

Las rocas metamórficas son, generalmente, rocas sedimentarias o ígneas que han sido transformadas por procesos de intensa presión y calor dentro de la tierra, y también por reacciones químicas. Es muy difícil determinar el origen exacto de una roca metamórfica en particular, debido a que los procesos de formación son muy complejos.

Muchos tipos de rocas metamórficas presentan un rasgo característico: los minerales están alineados en capas o planos paralelos. Partir la roca en el sentido de sus planos es mucho más fácil que partirla en sus otras direcciones. Las rocas metamórficas que exhiben este tipo de estructura se denominan foliadas. Ejemplos de rocas foliadas son los gneises, los esquistos (formados de rocas ígneas) y la pizarra (formada de la arcilla esquistosa; una roca sedimentaria).

No todas las rocas metamórficas son foliadas. El mármol (formado por calizas) y la cuarcita (formada de las areniscas) son tipos comunes de rocas metamórficas que no presentan foliación.

3.2. FUENTES DE AGREGADOS

Los agregados usados en el pavimento asfáltico se clasifican, generalmente, de acuerdo a su origen o medio de obtención. Estos incluyen: agregados naturales, agregados procesados, y agregados sintéticos o artificiales.

3.2.1 AGREGADOS NATURALES

Los agregados naturales son aquellos que son usados en su forma natural, con muy poco o ningún procesamiento. Ellos están constituidos por partículas producidas mediante procesos naturales de erosión y degradación, tales como la acción del viento, el agua, el movimiento del hielo, y los químicos. La forma de las partículas individuales es un producto, a la larga, de los agentes que actúan sobre ellas. Los glaciares, por ejemplo, usualmente producen rocas y guijarros redondeados. Así mismo, las corrientes de agua producen partículas lisas y redondeadas.

Los principales tipos de agregado natural usados en la construcción de pavimento son la grava y la arena. La grava se define, usualmente, como partículas de un tamaño igual o mayor que 6.35 mm (1/4 pulgada). La arena se define como partículas de un tamaño menor que 6.35 mm (1/4 pulgada) pero mayor que 0.075 mm (Nº 200). Las partículas de un tamaño menor que 0.075 mm (Nº 200) son conocidas como relleno mineral (filler), el cual consiste principalmente de limo y arcilla.

Las gravas y las arenas son clasificadas, además, de acuerdo a su origen. Los materiales producidos en canteras abiertas y usados sin ningún procesamiento adicional son conocidos como materiales en bruto, y los materiales tomados de la ribera de los ríos son conocidos como materiales de canteras de ríos.

Los depósitos de gravas varían ampliamente en composición, pero usualmente contienen alguna cantidad de arena y limo. Los depósitos de arena también contienen, comúnmente, alguna cantidad de arcilla y limo. Las arenas de playa (algunas de las cuales se encuentran tierra adentro hoy día) están compuestas de partículas de tamaño regularmente uniforme, mientras que las arenas de río contienen proporciones grandes de grava, limo y arcilla.

3.2.3. AGREGADOS SINTÉTICOS O ARTIFICIALES

3.2.2. AGREGADOS PROCESADOS

Los agregados procesados son aquellos que han sido triturados y tamizados antes de ser usados. Existen dos fuentes principales de agregados procesados: gravas naturales que son trituradas para volverlas más apropiadas para pavimento de mezcla asfáltica, y fragmentos de lecho de roca y de piedras grandes que deben ser reducidos en tamaño antes de ser usados en la pavimentación.

La roca es triturada por tres razones: para cambiar la textura superficial de las partículas de lisa a rugosa, para cambiar la forma de la partícula de redonda a angular, y para reducir y mejorar la distribución y el rango (graduación) de los tamaños de las partículas. El propósito principal de la trituración, en el caso de los fragmentos de lecho de roca y de piedras grandes, es reducir las piedras a un tamaño que sea manejable. Sin embargo, los cambios en la textura superficial, y en la forma de las partículas, son también muy importantes.

El tamizado de los materiales, después de triturarlos, resulta en una granulometría con cierto rango de tamaño de partícula. Un factor importante en la construcción de pavimentos de buena calidad consiste en mantener graduaciones específicas de agregados. Sin embargo, por razones económicas, el material triturado es usado tal y como sale del triturador, con muy poco o ningún tamizado. Un control adecuado de las operaciones de triturado determina si la graduación resultante del agregado cumple, o no, con los requisitos de la obra. El agregado triturado, sin tamizar, es conocido como agregado triturado sin cribar, y es usado satisfactoriamente en muchos proyectos de construcción de pavimentos. Sin embargo, es esencial garantizar que la operación de triturado sea continuamente supervisada para poder producir un agregado que cumpla con las especificaciones.

El triturado de algunos tipos de roca, como las calizas, produce cantidades substanciales de pequeños fragmentos y partículas. Esta fracción de material es separada de las partículas que tienen diámetros iguales o mayores 6.35mm (1/4 pulgada), casi siempre, y usada como agregado de arena triturada, o procesada hasta tamaños máximos 0.42mm (N° 40)

3.2.3. AGREGADOS SINTÉTICOS O ARTIFICIALES

Los agregados resultantes de la modificación o cambios tanto físicos como químicos de algunos materiales, son llamados comúnmente agregados sintéticos o artificiales. Estos pueden tomar la forma de “subproductos” como los obtenidos en el refinamiento de minerales, o ser especialmente producidos o procesados a partir de materiales en crudo, para ser usados finalmente como agregados.

Las escorias de altos hornos son los agregados artificiales más comúnmente usados, son un subproducto de la fusión del mineral de hierro en altos hornos. No es material metálico y flota en el hierro derretido. Se lo extrae a intervalos y se lo reduce de tamaño tanto por enfriamiento como por inmersión en agua o por medio de la trituración después que ha sido enfriado al aire.

Los agregados artificiales son relativamente nuevos en la pavimentación asfáltica. Por lo común son livianos y tienen una resistencia extraordinaria al desgaste. Frecuentemente son preferidos en la pavimentación de las cubiertas de puentes y en las capas superficiales de pavimentos asfálticos donde se requiere un alto grado de resistencia al

deslizamiento. Otros agregados son producidos mediante procesos de cocción o fusión y proceden de las arcillas, pizarras, lutitas, tierras de diatomeas, etc; son cenizas volcánicas, arcillas expandidas y materiales similares. Se producen y se venden bajo una variedad de nombres comerciales.

3.3. PRODUCCIÓN, ACOPIO DE RESERVAS, MANEJO, Y MUESTREO DE AGREGADOS

Los procedimientos para manejar y acopiar las reservas de agregado varían de obra en obra, debido a que la mayoría de las agencias contratantes no tienen especificaciones para dichos procedimientos. En vez de ello la agencia requiere, usualmente, que el contratista cumpla con las especificaciones de graduación para el agregado. Estas especificaciones tendrán que ser cumplidas ya sea durante la elaboración o acopio de reservas del agregado, o cuando la mezcla de pavimentación sea producida y colocada.

El muestreo y las pruebas son los únicos medios de verificar si las especificaciones están siendo cumplidas, aún si estas requieren que el agregado cumpla con graduaciones durante la fabricación, acopio de reservas o producción de mezcla. Para garantizar que las muestras seleccionadas sean representativas, se deben seguir ciertos procedimientos de muestreo.

3.3.2. ACOPIO DE RESERVAS DE AGREGADO

3.3.1. PRODUCCIÓN DE AGREGADOS

Se deberá familiarizarse con los datos geológicos relacionados con el depósito de agregado y con las especificaciones que han sido establecidas para trabajar con el mismo.

Cuando se trate de arenas o gravas, se deberá tener un cuidado especial al remover el suelo de destape (suelo que cubre el depósito) para no contaminar el agregado. Esto es particularmente importante cuando el suelo de destape contiene arcilla, vegetación, o algún otro material que pueda afectar desfavorablemente el comportamiento del pavimento. Puede que algún material de destape proporcione un relleno mineral aceptable; sin embargo, rara vez este material podrá producir una mezcla de agregado con la adecuada proporción de relleno mineral si tan solo se añade al depósito de agregado a medida que este es removido.

En consecuencia, cualquier material de destape que sea adecuado para ser usado como relleno mineral deberá ser removido del depósito, tamizado, y añadido posteriormente al agregado ya procesado. Este método permite un control cuidadoso, en la mezcla final, del contenido de relleno mineral.

Con cierta frecuencia, las operaciones en las excavaciones y canteras deben efectuarse alrededor de lentes de arcilla (depósitos en forma de lente), vetas (capas) de arcilla esquistosa y otros depósitos de materiales indeseables que forman parte del depósito de agregado. En este caso la excavación del agregado puede tener que efectuarse a lo largo de un marco (nivel) horizontal, o de abajo hacia arriba sobre una cara vertical del depósito, para evitar contaminación del agregado y poder garantizar una graduación uniforme.

Después del triturado y el tamizado es esencial evaluar completamente los agregados producidos para averiguar si cumplen con los requisitos de calidad y graduación. En instalaciones comerciales donde la producción de agregado es más o menos continua a través de la temporada de pavimentación, es suficiente llevar a cabo una o dos evaluaciones de calidad cada temporada. Cuando una operación esta comenzando por primera vez, se deberá hacer evaluaciones periódicas del agregado antes de que este sea usado en las mezclas de pavimentación.

3.3.2. ACOPIO DE RESERVAS DE AGREGADO

Para producir mezclas asfálticas en caliente de alta calidad es esencial tener buenos procedimientos de acopio de reservas. Los agregados retienen su graduación si son adecuadamente acopiados. Cuando el acopio es malo, las partículas de agregado se segregan (separan por tamaño), y la graduación varía en los diferentes niveles del acopio.

Se deberán preparar superficies firmes y limpias, y deberán tomarse precauciones para mantener separadas las reservas y así prevenir entremezclado de partículas, el cual conduce, frecuentemente, a errores en la graduación. La separación se logra ya sea manteniendo las reservas ampliamente espaciadas, mediante el uso de muros de contención entre ellas, o almacenando el agregado en depósitos. El uso de muros de contención requiere que estos sean lo suficiente fuertes para resistir el peso del agregado, y que se extiendan hasta la profundidad total de las reservas.

Las arenas, el agregado triturado fino, y los agregados que consisten de partículas de un solo tamaño (especialmente partículas pequeñas) pueden ser acopiados con muy poca segregación, utilizando cualquier método. Sin embargo, los materiales que contienen partículas que varían en tamaño de grandes (gruesas) a pequeñas (finas) requieren de ciertas precauciones en su acopio. La segregación de dichos agregados puede ser minimizada si el material grueso y el material fino son separados en el sitio y después juntados, en proporciones apropiadas, antes de las operaciones de mezclado. Cuando estas prácticas no sean llevadas a cabo, se deben seguir, de todas maneras, ciertas normas aplicables al acopio de reservas. La primera norma consiste en controlar la forma de los acopios. Cuando un agregado que contiene materiales gruesos y finos es apilado para formar un acopio de lados inclinados, las partículas gruesas tienden a rodar abajo, por la pendiente, y acumularse en la base. Fig. A.

El mejor método para acopiar reservas de agregado que contienen partículas de diferente tamaño consiste en apilar el material en capas. Fig. B.

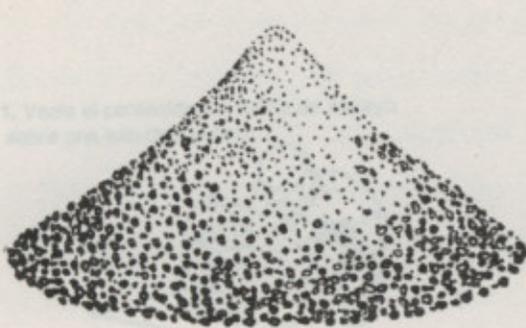


FIG. A.

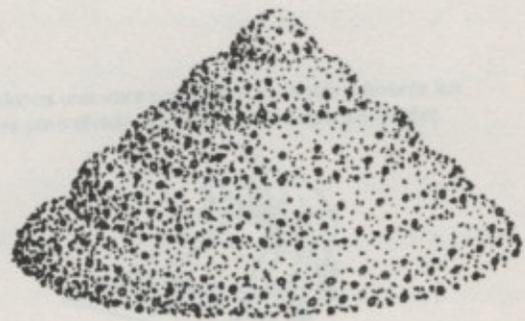


FIG. B.

Los rellenos minerales son usualmente almacenados en depósitos, silos o bolsas para prevenir que sean arrastrados por el viento y que sean expuestos a la humedad, la cual los puede aglutinar o endurecer.

3.3.3. MANEJO DE AGREGADO

El manejo de agregado degrada (rompe), hasta cierto punto, las partículas individuales de agregado, y causa segregación cuando se trata de partículas que presentan diferentes tamaños. Por lo tanto, el manejo de agregado debe ser mínimo para poder prevenir cualquier degradación y segregación.

El manejo mínimo incluye apartar el agregado de las reservas para que pueda ser procesado adicionalmente, y para luego ser mezclado en la planta de mezcla en caliente.

3.3.4. MUESTREO DE AGREGADO

Obviamente, no resulta práctico ensayar todo el agregado que esta siendo producido o ensayar todo el contenido del acopio. Solo es posible ensayar muestras de estos materiales. La muestra seleccionada debe ser verdaderamente representativa de todo el agregado para que los resultados de los ensayos sean confiables. Es muy importante, por lo tanto, tener técnicas apropiadas de muestreo. Fig. 2.

1. Vacíe el contenido del balde de ensayo sobre una tela de cuarteo.



2. Nivele la muestra sobre la tela, usando la vara.



3. Introduzca una vara por debajo de la tela y levante los extremos para dividir la muestra en dos partes iguales.



4. Repita el paso 3, dividiendo la muestra en cuatro partes.



5. Utilice dos partes diagonales para las pruebas.

Si la muestra no llega a ser lo suficiente pequeña, repita el procedimiento de cuarteo.

Metodo de cuarteo

FIG 2.

Debe recordarse que las muestras más representativas son generalmente tomadas de las bandas transportadoras de agregado, y no de los acopios o depósitos.

Las cantidades usadas para muestreo de agregado están señaladas en las Normas de ensayo de Vialidad Nacional. La información incluye pesos recomendados de muestras basados en el tamaño máximo de partícula del agregado. Recuérdese que las muestras más representativas son tomadas de la banda de alimentación, y no de la pila o la tolva.

Después de haber seleccionado una muestra de agregado, es a veces necesario reducir su tamaño (volumen) a uno más conveniente para que pueda ser manejada y ensayada. Debido a que este proceso de reducción puede causar segregación, es necesario tener mucho cuidado para poder preservar la integridad de la muestra.

3.4.1 TAMAÑO Y GRANULOMETRÍA

3.4. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS Y SU EVALUACIÓN

Sobre la base del peso, el agregado es el componente más importante de una mezcla de concreto asfáltico para pavimentación, constituyendo usualmente alrededor del 93 al 96% del peso de la mezcla. Las fracciones del agregado consisten de: agregado grueso, agregado fino y polvo mineral. La American Society for Testing Materials (A.S.T.M) y el Asphalt Institute emplean el tamiz No. 8 como línea divisoria conveniente entre los agregados gruesos y finos. El polvo mineral, es la parte del material mineral total de la mezcla asfáltica para pavimentación, que pasa por el tamiz No. 200.

Cuando se utiliza filler mineral, éste es agregado a las mezclas asfálticas para pavimentación, como ingrediente separado. Puede consistir en piedra caliza finamente molida, polvo de roca, cieno natural, loess, cemento pórtland, cal hidratada o materias similares minerales, limpias y no plásticas, finamente divididas.

El agregado grueso puede ser obtenido en depósitos de grava, canteras de piedra o de escoria de alto horno enfriada por aire y está compuesto usualmente por fragmentos de roca parcial o completamente triturados. Las fuentes proveedoras de agregados finos son los depósitos naturales de bancos, playas, ríos o médanos de arena o restos del tamizado de la trituración de piedra o de escoria de alto horno.

El polvo mineral proviene de las fracciones de agregados gruesos y finos y del filler mineral, si este es utilizado.

Algunas de las características más importantes de los agregados minerales para el concreto asfáltico son:

1. Tamaño y granulometría.
2. Resistencia.
3. Limpieza.
4. Forma de la partícula y textura superficial.
5. Porosidad interna de las partículas del agregado
6. Graduación y tamaño máximo de la partícula.
7. Peso específico.

3.4.1 TAMAÑO Y GRANULOMETRIA

Todas las especificaciones de pavimento asfáltico de mezcla en caliente requieren que las partículas de agregado estén dentro de un cierto margen de tamaño y que cada tamaño de partículas de agregado este presente en ciertas proporciones. Esta distribución de varios tamaños de partículas dentro del agregado es comúnmente llamada graduación del agregado o graduación de la mezcla. Es necesario entender como se mide el tamaño de partículas y la graduación para determinar si la graduación del agregado cumple o no con las especificaciones.

Tamaño Máximo de Partícula:

El tamaño de las partículas más grandes en la muestra debe ser determinado, debido a que las especificaciones hablan de un tamaño máximo de partículas para cada agregado usado. Existen dos formas de designar tamaños máximos de partículas:

- Tamaño máximo nominal de partícula, designado como un tamiz más grande que el primer tamiz que retiene mas del 10 por ciento de las partículas de agregado, en una serie normal de tamices.

- Tamaño máximo de partícula, designado como un tamiz más grande que el tamaño máximo nominal de partícula. Típicamente, este es el tamiz más pequeño por el cual pasa el 100 por ciento de las partículas de agregado.

La granulometría de partículas es determinada por un análisis de tamices (o granulometría) efectuado sobre las muestras de agregado. El análisis de tamices consiste en pasar la muestra por una serie de tamices, cada uno de los cuales tiene aberturas de un tamaño específico. Los tamices están denominados de acuerdo al tamaño de sus aberturas. Las partículas gruesas quedan atrapadas en los tamices superiores; las partículas de tamaño medio pasan a través de los tamices medianos; y las partículas finas pasan a través de los tamices inferiores.

La granulometría del agregado, o graduación de la mezcla, tiene en cuenta el porcentaje (en peso) total de muestra que pasa por cada uno de los tamices. La granulometría es determinada al calcular el peso del contenido de cada tamiz, después de haber efectuado el análisis de tamices. Luego se resta el peso del contenido de cada tamiz del peso total de la muestra.

Ciertos términos son usados al hacer referencia a las fracciones de agregado, con el propósito de ayudar a la descripción de las mismas. Estos son

- Agregado grueso – material retenido por el tamiz de 2.36mm (No. 8)
- Agregado fino – material que pasa el tamiz de 2.36mm (No. 8)
- Relleno mineral – fracciones de agregado fino que pasan por el tamiz de 0,42mm (No.40)
- Polvo mineral – fracciones de agregado fino que pasan el tamiz de 0,075mm (No. 200)

El relleno mineral y el polvo mineral están presentes en los agregados naturales y también son producidos, como subproducto, en la trituración de muchos tipos de roca. Ellos son esenciales para la producción de una mezcla densa, cohesiva, durable y resistente a la penetración del agua. Sin embargo, un pequeño porcentaje de más, o de menos, de relleno o polvo mineral, puede causar que la mezcla aparezca excesivamente rica (o sea, la mezcla de pavimentación aparecerá como si tuviera muy poco asfalto o demasiado asfalto). Dichos cambios en la mezcla pueden ocurrir con pequeños cambios en la cantidad o en el tipo de relleno o polvo mineral utilizado. Por consiguiente, el tipo y la cantidad de relleno y polvo mineral usados en cualquier mezcla asfáltica de pavimentación deberán ser cuidadosamente controlados.

		RETENIDO	PASANTE	RETENIDO	PASANTE
0.42	N° 40	491.32	308.24	48.73	30.82
0.149	N° 100	136.52	83.41	13.88	6.34
0.074	N° 200	35.73	27.85	3.58	2.78

3.4.1.1 GRANULOMETRÍAS DE DIFERENTES CANTERAS

Procedencia:	BASALTO
Designación:	
Material	6-20

MUESTRA	
PESO LIMPIO	PESO TOTAL
999,37	1000,00

TAMIZ		PESO RETENIDO (g)	PESO PASANTE (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
mm	pulg./N°				
19,00	3/4"	0,00	1000,00	0,00	100,00
9,50	3/8"	558,11	441,89	55,81	44,19
4,80	N° 4	393,00	48,89	39,30	4,89
2,40	N° 8	44,58	4,31	4,46	0,43
0,42	N° 40	1,06	3,25	0,11	0,32
0,149	N° 100	1,07	2,18	0,11	0,22
0,074	N° 200	0,80	1,38	0,08	0,14

Procedencia:	BASALTO
Designación:	
Material	0-6

MUESTRA	
PESO LIMPIO	PESO TOTAL
986,20	1000,00

TAMIZ		PESO RETENIDO (g)	PESO PASANTE (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
mm	pulg./N°				
19,00	3/4"	0,00	1000,00	0,00	100,00
9,50	3/8"	0,00	1000,00	0,00	100,00
4,80	N° 4	19,73	980,27	1,97	98,03
2,40	N° 8	298,71	681,56	29,87	68,16
0,42	N° 40	481,32	200,24	48,13	20,02
0,149	N° 100	136,83	63,41	13,68	6,34
0,074	N° 200	35,78	27,63	3,58	2,76

Procedencia:	CANTESUR
Designación:	
Material	6-19

MUESTRA	
PESO LIMPIO	PESO TOTAL
998,63	1000,00

TAMIZ		PESO RETENIDO (g)	PESO PASANTE (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
mm	pulg./N°				
19,00	3/4"	0,00	1000,00	0,00	100,00
9,50	3/8"	429,95	570,05	43,00	57,01
4,80	N° 4	523,14	46,91	52,31	4,69
2,40	N° 8	43,76	3,15	4,38	0,31
0,42	N° 40	0,36	2,79	0,04	0,28
0,149	N° 100	0,65	2,14	0,07	0,21
0,074	N° 200	0,77	1,37	0,08	0,14

Procedencia:	CANTESUR
Designación:	
Material	0-6

MUESTRA	
PESO LIMPIO	PESO TOTAL
934,84	1000

TAMIZ		PESO RETENIDO (g)	PESO PASANTE (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
mm	pulg./N°				
19,00	3/4"	0,00	1000,00	0,00	100,00
9,50	3/8"	0,00	1000,00	0,00	100,00
4,80	N° 4	61,77	938,23	6,18	93,82
2,40	N° 8	264,74	673,49	26,47	67,35
0,42	N° 40	342,22	331,27	34,22	33,13
0,149	N° 100	162,45	168,82	16,25	16,88
0,074	N° 200	52,05	116,77	5,21	11,68

3.4.1.1 GRANULOMETRÍA DE ARENA SILICEA

Procedencia:	MARENGO
Designación:	1
Material	0-6

MUESTRA	
PESO LIMPIO	PESO TOTAL
943,61	1000

TAMIZ		PESO RETENIDO (g)	PESO PASANTE (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
mm	pulg./N°				
19,00	3/4"	0,00	1000,00	0,00	100,00
9,50	3/8"	0,00	1000,00	0,00	100,00
4,80	N° 4	20,85	979,15	2,09	97,92
2,40	N° 8	253,25	725,90	25,33	72,59
0,42	N° 40	397,00	328,90	39,70	32,89
0,149	N° 100	171,66	157,24	17,17	15,72
0,074	N° 200	64,54	92,70	6,45	9,27

3.4.1.2 GRANULOMETRÍA DE FILLER - CEMENTO

Procedencia:	MARENGO
Designación:	5
Material	6 = 20

MUESTRA	
PESO LIMPIO	PESO TOTAL
954,24	1000,00

TAMIZ		PESO RETENIDO (g)	PESO PASANTE (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
mm	pulg./N°				
19,00	3/4"	0,00	1000,00	0,00	100,00
9,50	3/8"	713,38	286,62	71,34	28,66
4,80	N° 4	281,56	5,06	28,16	0,51
2,40	N° 8	3,26	1,80	0,33	0,18
0,42	N° 40	0,04	1,76	0,00	0,18
0,149	N° 100	0,28	1,48	0,03	0,15
0,074	N° 200	0,47	1,01	0,05	0,10

3.4.1.1.1 GRANULOMETRIA DE ARENA SILICEA

Procedencia:	MORI-ROSETTO
Designación:	MORI-ROSETO
Material	ARENA

MUESTRA	
PESO LIMPIO	PESO TOTAL
825,01	825,01

TAMIZ		PESO RETENIDO (g)	PESO PASANTE (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
mm	pulg./N°				
19,00	3/4"	0,00	825,01	0,00	100,00
9,50	3/8"	0,00	825,01	0,00	100,00
4,80	N° 4	0,00	825,01	0,00	100,00
2,40	N° 8	0,00	825,01	0,00	100,00
0,42	N° 40	2,45	822,56	0,30	99,70
0,149	N° 100	813,28	9,28	98,58	1,12
0,074	N° 200	6,89	2,39	0,84	0,29

3.4.1.1.2 GRANULOMETRIA DE FILLER - CEMENTO

Procedencia:	SAN LUIS
Designación:	EL GIGANTE
Material	CEMENTO

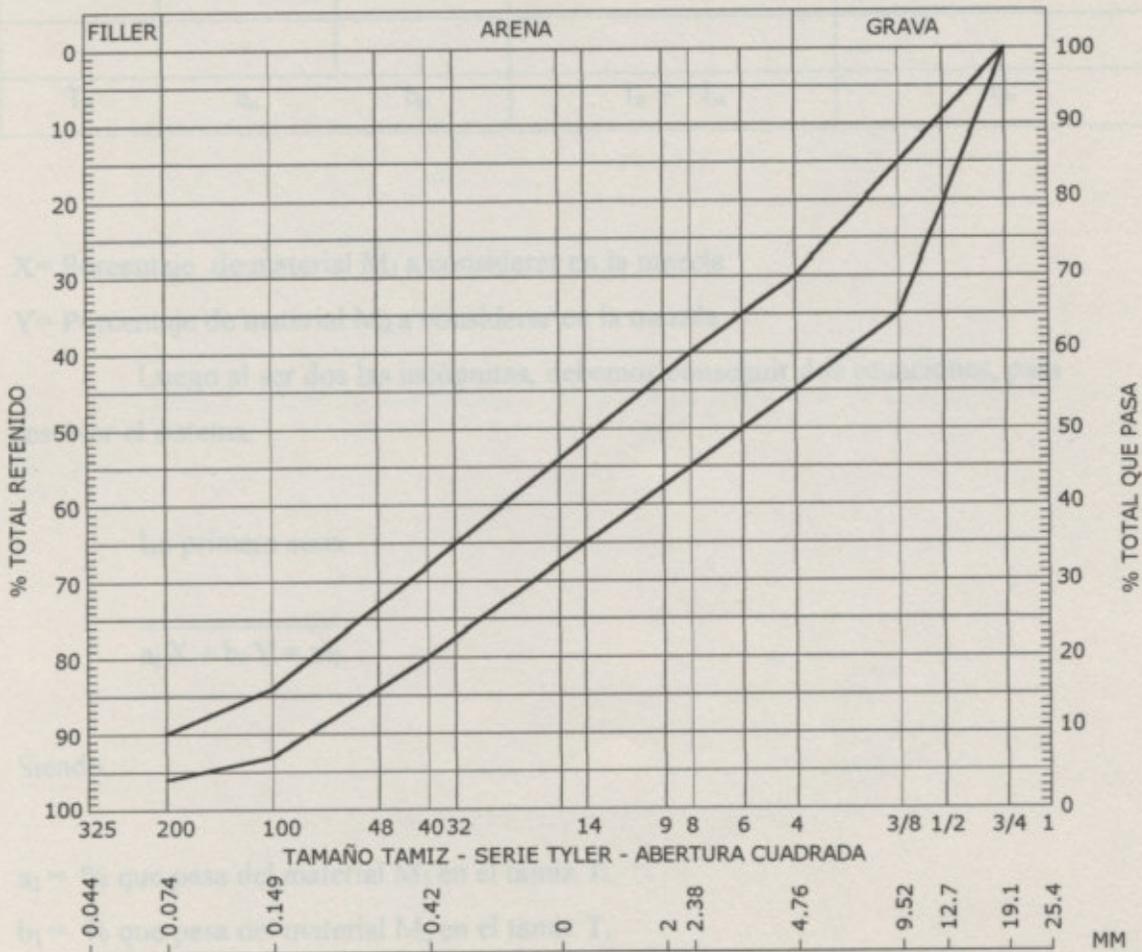
MUESTRA	
PESO LIMPIO	PESO TOTAL
680,4	680,4

TAMIZ		PESO RETENIDO (g)	PESO PASANTE (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
mm	pulg./N°				
19,00	3/4"	0,00	680,40	0,00	100,00
9,50	3/8"	0,00	680,40	0,00	100,00
4,80	N° 4	0,00	680,40	0,00	100,00
2,40	N° 8	0,00	680,40	0,00	100,00
0,42	N° 40	0,00	680,40	0,00	100,00
0,149	N° 100	1,25	679,15	0,18	99,82
0,074	N° 200	31,95	647,20	4,70	95,12

3.4.1.2. ESPECIFICACION GRANULOMETRICA - SEGÚN NORMA DE VIALIDAD NACIONAL PARA CONCRETO ASFALTICO -

Tipo de Mezcla	38mm	25mm	19mm	9,5mm	4,8mm	2,4mm	0,149mm	0,074mm
	1, ½"	1"	¾"	3/8"	4	8	40	200
Concreto Asfáltico de sup.			100			45-60		4-10

CURVAS LIMITES ESPECIFICACION GRANULOMETRICA



3.4.1.3 COMPOSICIÓN GRANULOMETRICA. METODO ANALÍTICO

Supongamos dos materiales de granulometrías conocidas M_1 y M_2 , los límites granulométricos y su curva media como se indican

Tamiz	Porcentaje que pasan		Límites Granulométricos	Curva Media
	M_1	M_2		
T_1	a_1	b_1	$l_1 - l_1$	m_1
T_2	a_2	b_2	$l_2 - l_2$	m_2
.
.
.
-				
.
T_n	a_n	b_n	$l_n - l_n$	m_n

X = Porcentaje de material M_1 a considerar en la mezcla.

Y = Porcentaje de material M_2 a considerar en la mezcla

Luego al ser dos las incógnitas, debemos conseguir dos ecuaciones, para resolver el sistema.

La primera sería

$$\underline{\underline{a_1 X + b_1 Y = m_1}}$$

Siendo:

a_1 = % que pasa del material M_1 en el tamiz T_i .

b_1 = % que pasa del material M_2 en el tamiz T_i .

m_i = valor medio de los límites en el tamiz T_i .

La otra ecuación es la siguiente:

3.4.1.3.1 COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA

$$X + Y = 1 \quad (\text{pues la suma de los dos porcentajes es } 100).$$

Su resolución nos da:

$$Y = \frac{m_i - a_i}{b_i - a_i}$$

$$X = 1 - y$$

TAMIZ	A (0-20)	B (0-5)	C (Arena)	D (Cemento)	Especificación
3/4"	100	100	100	100	100
3/8"	57	100	100	100	100
N° 4	47	95,5	100	100	100
N° 5	0,5	87,5	100	100	45-60
N° 10	0,2	72,4	100	100	100
N° 40	0	39,9	99,7	99,8	100
N° 100	0	19,7	1,1	99,8	100
N° 200	0	9,5	0,3	95,1	4-10

$$a_2 x + b_2 y = m'_2 = m_2 + d_2$$

$$a_3 x + b_3 y = m'_3 = m_3 + d_3$$

$$a_n x + b_n y = m'_n = m'_2 + d_n$$

Luego dos tanteos nos resultan suficiente para discernir la mezcla más apropiada.

CANTERA SANERGO					
TAMIZ	A (0-20)	B (0-5)	C (Arena)	D (Cemento)	Especificación
3/4"	100	100	100	100	100
3/8"	36,7	100	100	100	100
N° 4	0,5	87,9	100	100	100
N° 5	0,2	72,4	100	100	45-60
N° 10	0	39,9	99,7	100	100
N° 100	0	19,7	1,1	99,8	100
N° 200	0	9,5	0,3	95,1	4-10

$$100a + 100b + 100c + 100d = 100$$

$$0,2a + 72,9b + 100c + 100d = 52,5$$

$$0a + 9,3b + 0,3c + 95,1d = 7$$

$$1a + 1b + 1c + 1d = 1$$

$$a = 0,4 \quad b = 0,29 \quad c = 0,28 \quad d = 0,03$$

3.4.1.3.1 COMPOSICION GRANULOMETRICA

CANTERA BASALTO					
TAMIZ	A (6-20)	B (0-6)	C (Arena)	D (Cemento)	Especificación
3/4"	100	100	100	100	100
3/8"	44,2	100	100	100	45-60
N° 4	4,9	98	100	100	
N° 8	0,4	68,2	100	100	
N° 40	0,3	20	99,7	100	
N° 100	0,2	6,3	1,1	99,8	4-10
N° 200	0,1	2,8	0,3	95,1	

$$\begin{aligned}
 100a + 100b + 100c + 100d &= 100 \\
 0,4a + 68,2b + 100c + 100d &= 52,5 \\
 0,1a + 2,8b + 0,3c + 95,1d &= 7 \\
 1a + 1b + 1c + 1d &= 1
 \end{aligned}$$

$$a = 0,38 \quad b = 0,30 \quad c = 0,27 \quad d = 0,05$$

CANTERA CANTESUR					
TAMIZ	A (6-19)	B (0-6)	C (Arena)	D (Cemento)	Especificación
3/4"	100	100	100	100	100
3/8"	57	100	100	100	45-60
N° 4	4,7	93,8	100	100	
N° 8	0,3	67,4	100	100	
N° 40	0,3	33,1	99,7	100	
N° 100	0,2	16,9	1,1	99,8	4-10
N° 200	0,1	11,7	0,3	95,1	

$$\begin{aligned}
 100a + 100b + 100c + 100d &= 100 \\
 0,3a + 67,4b + 100c + 100d &= 52,5 \\
 0,1a + 11,7b + 0,3c + 95,1d &= 7 \\
 1a + 1b + 1c + 1d &= 1
 \end{aligned}$$

$$a = 0,38 \quad b = 0,29 \quad c = 0,30 \quad d = 0,026$$

CANTERA MARENGO					
TAMIZ	A (6-20)	B (0-6)	C (Arena)	D (Cemento)	Especificación
3/4"	100	100	100	100	100
3/8"	28,7	100	100	100	45-60
N° 4	0,5	97,9	100	100	
N° 8	0,2	72,6	100	100	
N° 40	0,2	32,9	99,7	100	
N° 100	0	15,7	1,1	99,8	4-10
N° 200	0	9,3	0,3	95,1	

$$\begin{aligned}
 100a + 100b + 100c + 100d &= 100 \\
 0,2a + 72,6b + 100c + 100d &= 52,5 \\
 0a + 9,3b + 0,3c + 95,1d &= 7 \\
 1a + 1b + 1c + 1d &= 1
 \end{aligned}$$

$$a = 0,4 \quad b = 0,29 \quad c = 0,28 \quad d = 0,03$$

Cantera:		BASALTO (CÓRDOBA)												especif. %
tamiz		Ag. Grueso		Ag. Triturado		arena silicia		filler (cemento)		curva resultante		% total		
		% pasa	% parcial	% pasa	% parcial	% pasa	% parcial	% pasa	% parcial	% pasa	% parcial			
3/4		100	38	100	30	100	27	100	5	100	100	100	100	
3/6		44,2	16,8	100	30	100	27	100	5	78,8	78,8	78,8	78,8	
Nº4		4,9	1,9	98	29,4	100	27	100	5	63,3	63,3	63,3	63,3	
Nº8		0,4	0,2	99,2	20,5	100	27	100	5	52,6	52,6	52,6	52,6	
Nº40		0,3	0,1	20	6,0	99,7	26,9	100	5	38,0	38,0	38,0	38,0	
Nº100		0,2	0,1	6,3	1,9	1,1	0,3	98,1	4,9	7,2	7,2	7,2	7,2	
Nº200		0,1	0,0	2,8	0,8	0,3	0,1	95,1	4,8	5,7	5,7	5,7	5,7	

CANTERA	DISPOSICIÓN DE LOS ÁRIDOS EN LA MEZCLA												TOTAL
	Ag. Grueso		Ag. Triturado		arena silicia		filler (cemento)		total mezcla				
	%	grs.	%	grs.	%	grs.	%	grs.	%	grs.	%	grs.	
BASALTO	38	433	30	342	27	308	5	57	57	1140	1140	1140	1140
ACUMULADO		433		775		1083		1140					

Cantera:		CANTESUR (CÓRDOBA)														especif. %
		Ag. Grueso			Ag. Triturado			arena silicia			filler (cemento)			curva resultante		
tamiz	% pasa	%	parcial	% pasa	%	parcial	% pasa	%	parcial	%	%	%	%	%	%	% total
3/4	100	38		100	29		100	30		100	3		100		100	100
3/8	57	21,7		100	29		100	30		100	3		83,7		83,7	
Nº4	4,7	1,8		93,8	27,2		100	30		100	3		62,0		62,0	
Nº8	0,3	0,1	38	67,4	19,5	29	100	30	30	100	3	3	52,7		52,7	45-60
Nº40	0,3	0,1	0,1	33,1	9,6		99,7	29,9		100	3		42,6		42,6	
Nº100	0,2	0,1	0,1	16,9	4,9		1,1	0,3		98,1	2,943		8,3		8,3	
Nº200	0,1	0,0	0,0	11,7	3,4		0,3	0,1		95,1	2,853		6,4		6,4	4-10

DISPOSICIÓN DE LOS ÁRIDOS EN LA MEZCLA										TOTAL
CANTERA	Ag. Grueso		Ag. Triturado		arena silicia		filler (cemento)		total mezcla	
	%	grs.	%	grs.	%	grs.	%	grs.	grs.	grs.
CANTESUR	38	433	29	331	30	342	3	34	1140	1140
ACUMULADO		433		764		1106		1140		

3.4.1.4. AJUSTE DE LA GRANULOMETRÍA POR TANTEO PARA EL
DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

Cantera:		MARENGO (BUENOS AIRES.)												
tamiz	Ag. Grueso			Ag. Triturado			arena silicia			filler (cemento)			curva resultante % total	especif. %
	% pasa	%	% parcial	% pasa	%	% parcial	% pasa	%	% parcial	%	%	% parcial		
Nº3/4	100	40	29	100	29	28	100	28	3	100	3	100	100	100
Nº3/8	28,7	11,5	29	100	29	28	100	28	3	100	3	71,5	71,5	71,5
Nº4	0,5	0,2	28,4	97,9	28,4	28	100	28	3	100	3	59,6	59,6	59,6
Nº8	0,2	40	21,1	72,8	29	28	100	28	3	100	3	52,2	52,2	45-60
Nº40	0,2	0,1	9,5	32,9	9,5	27,9	99,7	27,9	3	100	3	40,5	40,5	40,5
Nº100	0	0	4,6	15,7	4,6	0,3	1,1	0,3	2,9	98,1	2,9	7,8	7,8	7,8
Nº200	0	0	2,7	9,3	2,7	0,1	0,3	0,1	2,9	95,1	2,9	5,6	5,6	4-10

CANTERA		DISPOSICIÓN DE LOS ÁRIDOS EN LA MEZCLA						TOTAL	
%	Ag. Grueso		Ag. Triturado		arena silicia		filler (cemento)		total mezcla grs
	grs.	grs.	%	grs.	%	grs.	%	grs.	
40	456	331	29	331	28	319	3	34	1140
ACUMULADO	456	787		1106		1140			1140

3.4.1.4. AJUSTE DE LA GRANULOMETRIA POR TANTEO PARA EL DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

La graduación es probablemente la propiedad singular más importante del agregado para pavimentos asfálticos. La graduación del agregado controla o influye sobre los vacíos en el agregado mineral VAM, los vacíos de aire, estabilidad, y densidad de las mezclas para pavimentación; afecta su trabajabilidad, su tendencia hacia la liberación o segregación y a la dificultad o facilidad de compactarla a la densidad especificada. La graduación determina también la textura del pavimento terminado o como sucede en ocasiones, la deseada apariencia textural determina la graduación de agregado a emplearse en la mezcla para pavimentación.

Para concreto asfáltico, la graduación del agregado incluye normalmente las fracciones de todo tamaño desde la partícula de tamaño máximo nominal hasta el polvo mineral que pasa por el tamiz N° 200.

Si la mezcla para pavimentación debe ser fácilmente trabajable y compactable la forma de la curva de graduación en el gráfico usual semilogarítmico será generalmente cóncava hacia arriba. Las curvas de graduación con la concavidad hacia abajo deberían ser evitadas, porque la mezcla para pavimentación tiende a ser difícil de manejar y compactar y tiene usualmente alto contenido de vacíos, alto VAM, baja estabilidad y baja densidad de compactación.

Para alcanzar la mejor resistencia al deslizamiento de una superficie de textura arenosa, el tamaño máximo nominal de la partícula de agregados, para capas superficiales de concreto asfáltico no debería exceder de $\frac{1}{2}$ pulgada.

Para esto existe una razón económica, una tonelada de cemento asfáltico es muchas veces más costosa que una tonelada de agregado. Cuanto mayor es el tamaño máximo nominal de la partícula de concreto asfáltico denso, menor es el porcentaje en peso, de cemento asfáltico requerido.

En consecuencia existe un incentivo económico para emplear mezclas para pavimentación con mayores tamaños máximos nominales de partículas para capas de nivelación y de base. Además las mezclas de concreto asfáltico densas para pavimentación con mayores tamaños máximos nominales de partículas tienen usualmente mayor estabilidad.

3.4.1.4.1 COMPOSICION GRANULOMETRICA ADOPTADA

Cantera:		BASALTO (CÓRDOBA)												% especif. %
		Ag. Grueso			Ag. Triturado			arena silicia			filler (cemento)				curva resultante
tamiz	% pasa	%	% parcial	% pasa	%	% parcial	% pasa	%	% parcial	% pasa	%	% parcial	%	% total
3/4	100	43	38	100	100	14	100	100	5	100	100	5	100	100
3/8	44,2	19,0	38	100	100	14	100	100	5	100	100	5	76,0	76,0
Nº4	4,9	2,1	37,2	98	37,2	14	100	100	5	100	100	5	58,3	58,3
Nº8	0,4	0,2	25,9	88,2	38	14	100	100	5	100	100	5	45,1	45,1
Nº40	0,3	0,1	7,6	20	7,6	0,2	99,7	14,0	5	100	100	5	26,7	26,7
Nº100	0,2	0,1	2,4	6,3	2,4	0,2	1,1	98,1	4,9	98,1	98,1	4,9	7,5	7,5
Nº200	0,1	0,0	1,1	2,8	1,1	0,0	0,3	95,1	4,8	95,1	95,1	4,8	5,9	5,9

CANTERA	DISPOSICIÓN DE LOS ÁRIDOS EN LA MEZCLA												TOTAL	
	Ag. Grueso			Ag. Triturado			arena silicia			filler (cemento)				total mezcla
	%	grs.		%	grs.	%	grs.	%	grs.	%	grs.	%	grs.	
BASALTO	43	490	38	433	14	160	5	57	5	57	5	57	1140	1140
ACUMULADO	490		923		1083		1140							

Cantera:		CANTESUR (CÓRDOBA)												especif. %	
tamiz	%	Ag. Grueso			Ag. Triturado			arena silicia			filler (cemento)				curva resultante % total
		% pasa	%	parcial	% pasa	%	parcial	% pasa	%	parcial	% pasa	%	parcial		
3/4	100	100	42	40	100	40	100	13	100	5	100	5	100	100	100
3/8	57	100	23,9	40	100	40	100	13	100	5	100	5	81,9	81,9	81,9
N°4	4,7	93,8	2,0	37,5	93,8	37,5	100	13	100	5	100	5	57,5	57,5	57,5
N°8	0,3	67,4	0,1	27,0	67,4	40	100	13	100	5	100	5	45,1	45,1	45,1
N°40	0,3	33,1	0,1	13,2	33,1	13,2	99,7	13,0	100	5	100	5	31,3	31,3	31,3
N°100	0,2	16,9	0,1	6,8	16,9	6,8	1,1	0,1	96,1	4,905	96,1	4,905	11,9	11,9	11,9
N°200	0,1	11,7	0,0	4,7	11,7	4,7	0,3	0,0	95,1	4,755	95,1	4,755	9,5	9,5	9,5

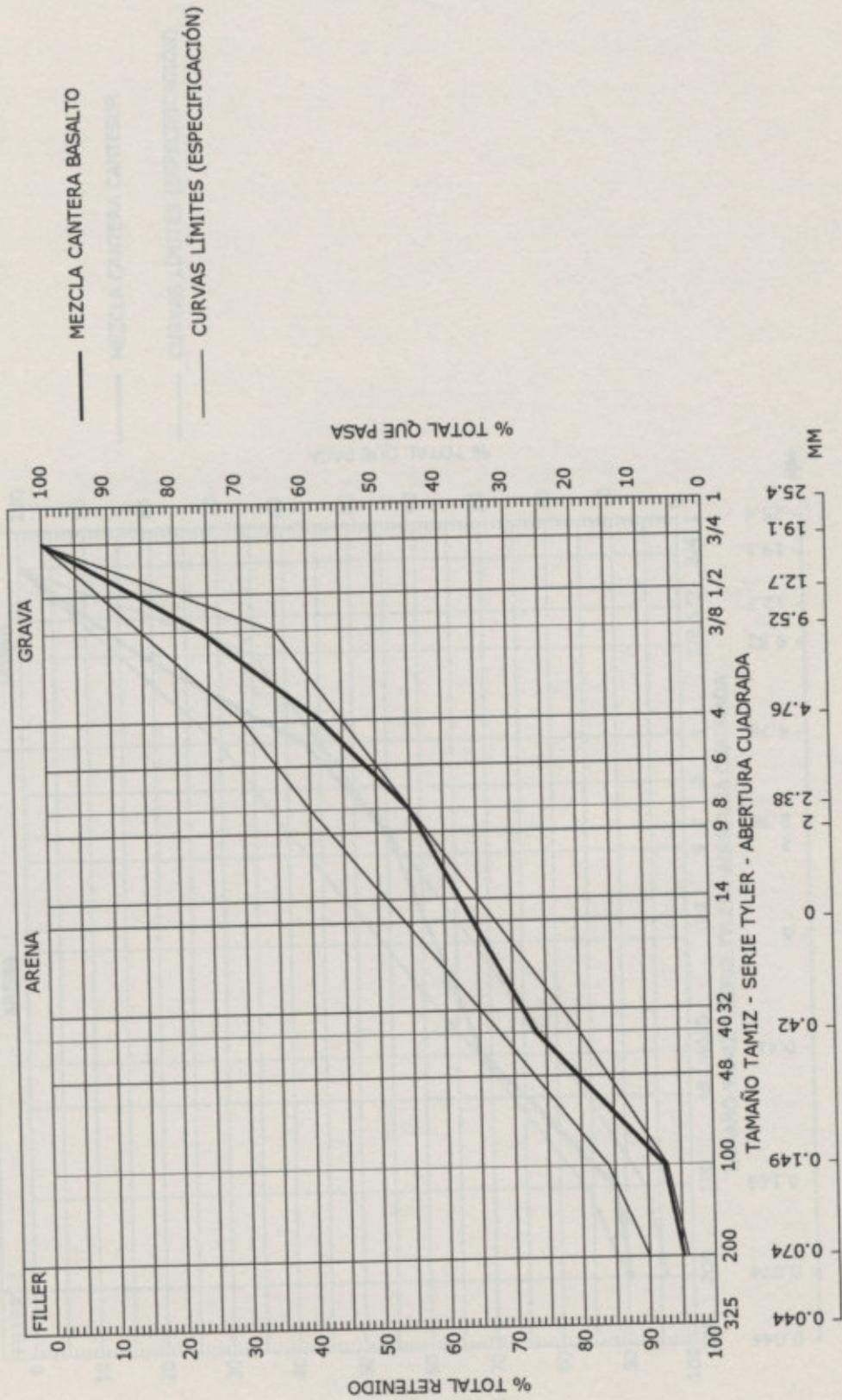
		DISPOSICIÓN DE LOS ÁRIDOS EN LA MEZCLA										TOTAL
CANTERA	%	Ag. Grueso		Ag. Triturado		arena silicia		filler (cemento)		total mezcla		
		%	grs.	%	grs.	%	grs.	%	grs.	%	grs.	
CANTESUR	42	479	40	456	13	148,2	5	57	5	1140	1140	
ACUMULADO		479		935		1083		1140				

CURVA DE GRADUACION DE LA MEZCLA
 RESPECTO A LAS ESPECIFICACIONES

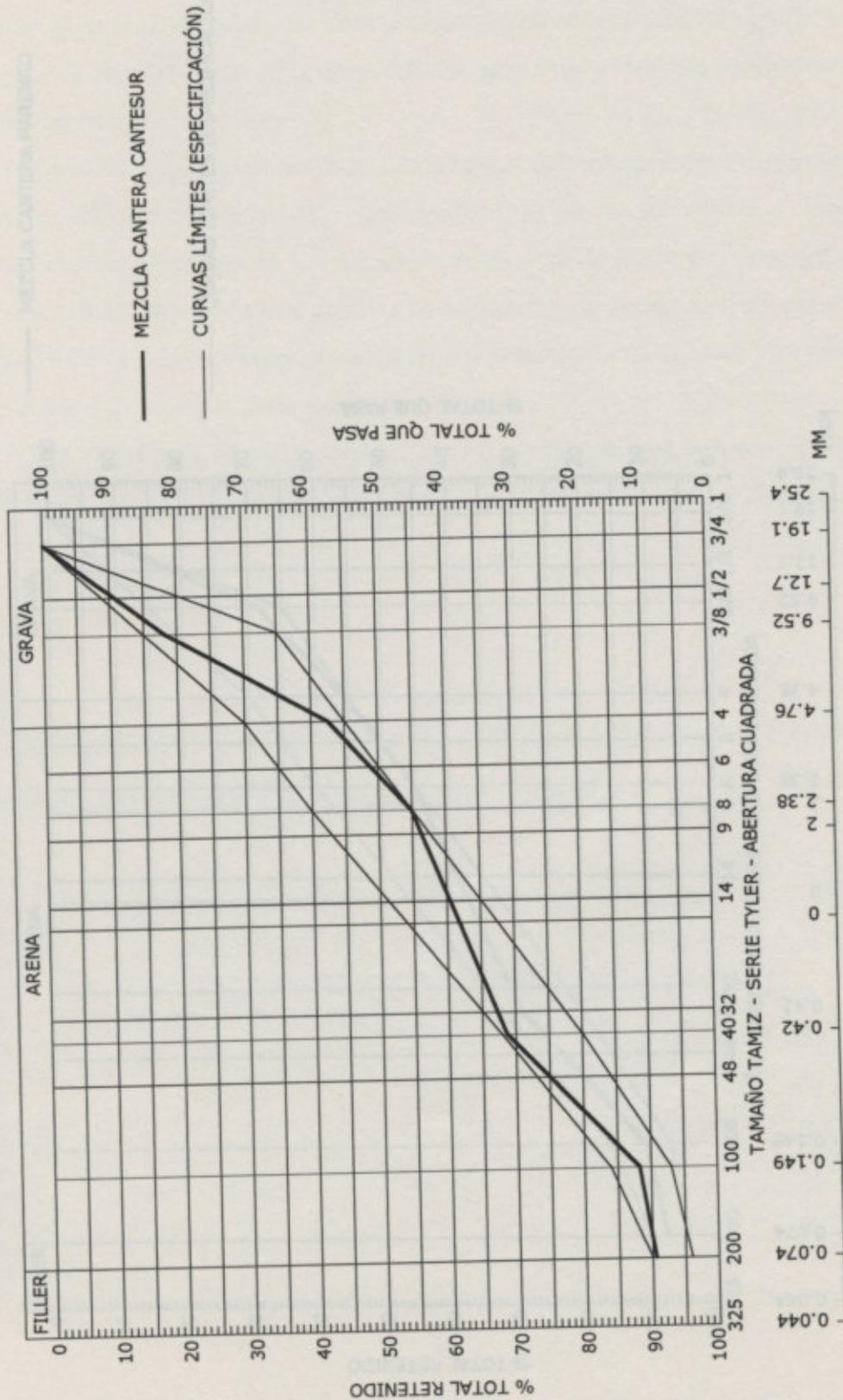
Cantera:		MARENGO (BUENOS AIRES.)												% especific.
tamiz		Ag. Grueso		Ag. Triturado		arena silicia		filler (cemento)		curva resultante				
		% pasa	% parcial	% pasa	% parcial	%	% parcial	%	%	%	% total			
3/4		100	44	100	40	100	12	100	100	4	100	100	100	
3/8		28,7	12,6	100	40	100	12	100	100	4	68,6	68,6	68,6	
Nº4		0,5	0,22	97,9	39,2	100	12	100	100	4	55,4	55,4	55,4	
Nº6		0,2	0,1	72,8	29,1	100	12	100	100	4	45,2	45,2	45-60	
Nº40		0,2	0,1	32,9	13,2	99,7	12,0	100	100	4	29,2	29,2	29,2	
Nº100		0	0	15,7	6,3	1,1	0,1	98,1	98,1	3,9	10,3	10,3	10,3	
Nº200		0	0	9,3	3,7	0,3	0,0	95,1	95,1	3,8	7,6	7,6	4-10	

DISPOSICIÓN DE LOS ÁRIDOS EN LA MEZCLA										TOTAL
CANTERA	Ag. Grueso		Ag. Triturado		arena silicia		filler (cemento)		total mezcla	
	%	grs.	%	grs.	%	grs.	%	grs.	grs.	
MARENGO	44	502	40	456	12	137	4	46	1140	
ACUMULADO		502		958		1094		1140		

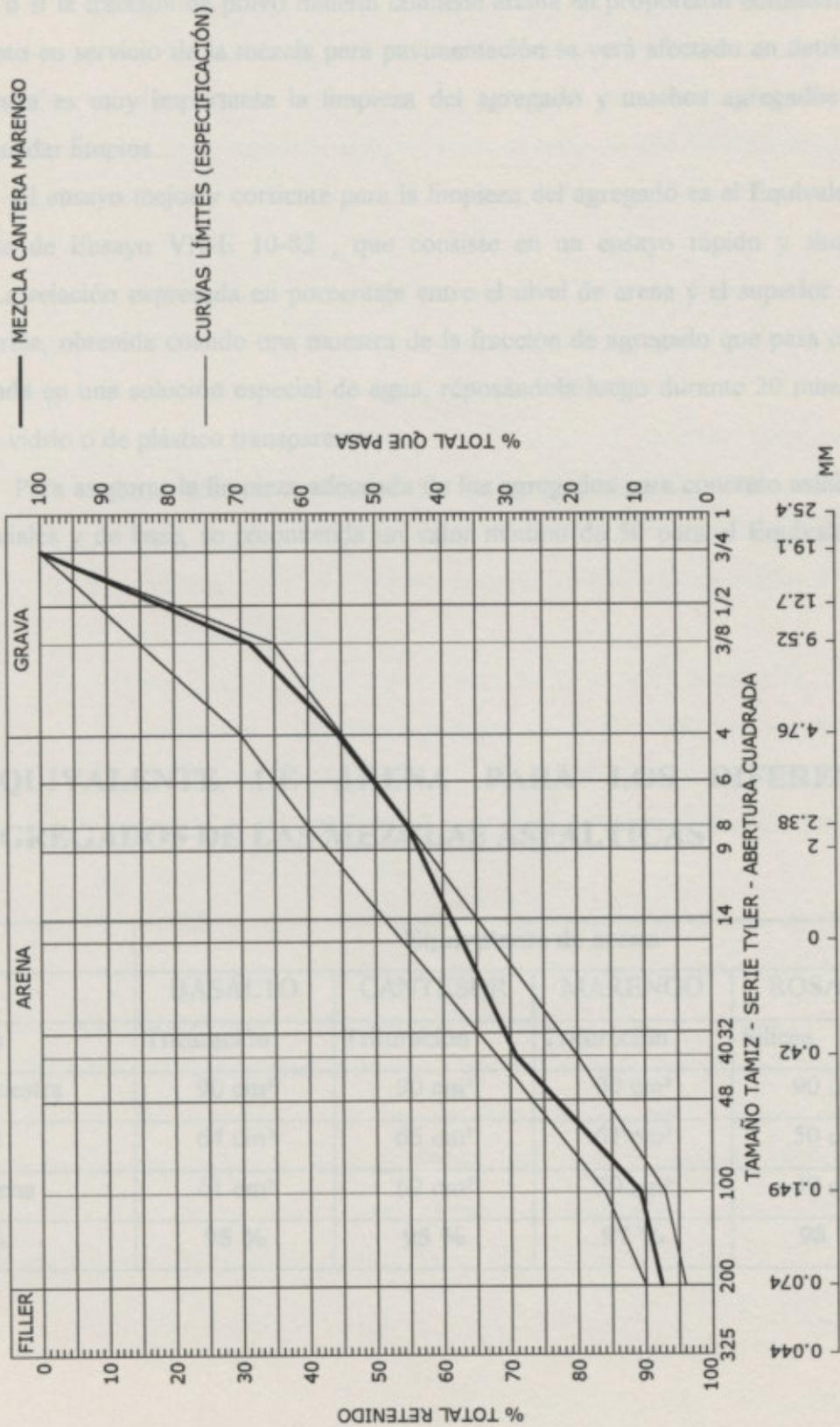
CURVA DE GRADUACION DE LA MEZCLA
 RESPECTO A LAS ESPECIFICACIONES



CURVA DE GRADUACION DE LA MEZCLA
 RESPECTO A LAS ESPECIFICACIONES



CURVA DE GRADUACION DE LA MEZCLA RESPECTO A LAS ESPECIFICACIONES



3.4.2 LIMPIEZA DEL AGREGADO

Si las partículas de agregado grueso y fino están cubiertas de arcilla u otro material fino, o si la fracción de polvo mineral contiene arcilla en proporción considerable, el comportamiento en servicio de la mezcla para pavimentación se verá afectado en detrimento. En consecuencia es muy importante la limpieza del agregado y muchos agregados deben lavarse para quedar limpios.

El ensayo mejor y corriente para la limpieza del agregado es el Equivalente de Arena, Norma de Ensayo VN-E 10-82, que consiste en un ensayo rápido y simple de laboratorio. La relación expresada en porcentaje entre el nivel de arena y el superior de una suspensión turbia, obtenida cuando una muestra de la fracción de agregado que pasa el tamiz N° 4, es agitada en una solución especial de agua, reposándola luego durante 20 minutos en un cilindro de vidrio o de plástico transparente.

Para asegurar la limpieza adecuada de los agregados para concreto asfáltico de capas superficiales y de base, se recomienda un valor mínimo de 50 para el Equivalente de Arena.

3.4.2.1 EQUIVALENTE DE ARENA PARA LOS DIFERENTES AGREGADOS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS

Ensayo:	Equivalente de arena			
	BASALTO	CANTESUR	MARENGO	ROSARIO
Procedencia:				
Tipo de arena	Trituración	Trituración	Trituración	Silicea
Medida de muestra	90 cm ³	90 cm ³	90 cm ³	90 cm ³
Lect. de finos	64 cm ³	65 cm ³	61 cm ³	50 cm ³
Lect. de la arena	61 cm ³	62 cm ³	59 cm ³	49 cm ³
E.A.	95 %	95 %	97 %	98 %

3.4.3 RESISTENCIA AL DESGASTE

El agregado pétreo está sujeto a una rotura adicional y a un desgaste por abrasión durante la elaboración, colocación y compactación de la mezcla asfáltica para pavimentación. El agregado sufre además la abrasión debido a las cargas del tránsito. Deben tener por lo tanto, en cierto grado, capacidad de resistir la trituración, degradación y desintegración. El agregado de la superficie del pavimento o cerca de ella requiere una dureza mayor que el agregado de las capas inferiores donde las cargas resultan disipadas o no son tan concentradas.

El ensayo de abrasión o desgaste "Los Angeles" mide la resistencia al uso o abrasión del agregado mineral. El equipo y procedimiento para este ensayo se detalla en AASHTO T96. Seguidamente se da una breve descripción del método:

1. El tambor de la máquina de desgaste es cargado con un peso determinado de partículas de agregado grueso con una graduación prefijada que se asemeja a la del material propuesto para ser usado.
2. Se coloca además en el tambor un peso normalizado de esferas de acero como carga abrasiva.
3. Se hace girar el tambor 500 vueltas y luego se retira el material.
4. Se realiza una separación preliminar de la muestra, por una malla de tamaño mayor que 1.70 mm (Nº 12). La porción fina es pasada por el tamiz de 1.7 mm (Nº 12) y el peso total del material retenido por dicho tamiz constituye el peso final.
5. Se calcula la diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra, como un porcentaje del peso original del material. Este valor se registra como el porcentaje de desgaste.

Una resistencia relativamente alta al desgaste, indicada por un bajo porcentaje de pérdida por abrasión, es una característica deseable para los agregados a utilizar en capas superficiales de pavimentos asfálticos. Los agregados que tienen mayores pérdidas por abrasión, dentro de ciertos límites generalmente pueden ser usados en capas inferiores de pavimentos, donde no serán objeto de las altas tensiones causadas por el tránsito.

3.4.3.1 VALORES DE ENSAYO DESGASTE DE LOS ANGELES PARA LOS DIFERENTES AGREGADOS DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS

ENSAYO DE ABRASION DE LOS ANGELES ASTM C 131 - 89 - IRAM 1532

Procedencia: Cantera Basalto
Ubicación: Venado Tuerto
Fecha: 25/05/02

Agregado N°:
Tipo: 6 - 20

Medida de Tamiz (cuadrado)	Retenido	Peso de Medidas Indicativas en gr.			
		Grado			
Pasa		A	B	C	D
37.5 mm (1 1/2 ")	25.0 mm (1 ")	1250 ± 25	.....	.....	.....
25.0 mm (1 ")	19.0 mm (3/4 ")	1250 ± 25	.....	.....	.....
19.0 mm (3/4 ")	12.5 mm (1/2 ")	1250 ± 25	2500 ± 10	.....	.....
12.5 mm (1/2 ")	9.5 mm (3/8 ")	1250 ± 25	2500 ± 10	.....	.....
9.5 mm (3/8 ")	6.3 mm (1/4 " )	.....	.....	2500 ± 10	.....
6.3 mm (1/4 ")	4.75 mm (N° 4 )	.....	.....	2500 ± 10	.....
4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8 )	.....	.....	.....	5000 ± 10
Total:		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Grado	Número de esferas	Peso de la carga en gr.
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3300 ± 20
D	6	2500 ± 15

Carga Gr.	Tamiz N° 1/2	Tamiz N° 3/8	Tamiz N°	Tamiz N°	Tamiz N° 12	TOTAL
Peso Inicial	2501,26	2501,12				
Peso Final.					3996,15	gr.
Pérdida					20,12	%

CUMPLE SI NO

Agregados para Mezclas Asfálticas la pérdida debe ser menor al 30%

Laboratorista: Maria Laura Mattar Dominguez

ENSAYO DE ABRASION DE LOS ANGELES
ASTM C 131 - 89 - IRAM 1532

Procedencia: Cantera Basalto
Ubicación: Venado Tuerto
Fecha: 21/05/02

Agregado N°: 0 - 6
Tipo: 0 - 6

Medida de Tamiz (cuadrado)	Retenido	Peso de Medidas Indicativas en gr.			
		Grado			
Pasa		A	B	C	D
37.5 mm (1 1/2 ")	25.0 mm (1 ")	1250 ± 25	.....	.....	.....
25.0 mm (1 ")	19.0 mm (3/4 ")	1250 ± 25	.....	.....	.....
19.0 mm (3/4 ")	12.5 mm (1/2 ")	1250 ± 25	2500 ± 10	.....	.....
12.5 mm (1/2 ")	9.5 mm (3/8 ")	1250 ± 25	2500 ± 10	.....	.....
9.5 mm (3/8 ")	6.3 mm (1/4 " )	.....	.....	2500 ± 10	.....
6.3 mm (1/4 ")	4.75 mm (N° 4 )	.....	.....	2500 ± 10	.....
4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8 )	.....	.....	.....	5000 ± 10
Total:		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Grado	Número de esferas	Peso de la carga en gr.
A	12	5000 + 25
B	11	4584 + 25
C	8	3300 + 20
D	6	2500 + 15

Carga	Tamiz N° 8	Tamiz N°	Tamiz N°	Tamiz N°	Tamiz N° 12	TOTAL
Gr.	5000,59					
Peso Inicial					4001,05	gr.
Peso Final					19,99	%
Pérdida						

CUMPLE SI NO

Agregados para Mezclas Asfálticas la pérdida debe ser menor al 30%

Laboratorista: MARIA LAURA MATTAR DOMINGUEZ

ENSAYO DE ABRASION DE LOS ANGELES ASTM C 131 - 89 - IRAM 1532

Procedencia: **Cantera Cantesur**

Ubicación: **Venado Tuerto**

Fecha: **28/05/02**

Agregado N°:

Tipo: **6 - 20**

Pasa	Retenido	Peso de Medidas Indicativas en gr.			
		Grado			
		A	B	C	D
37.5 mm (1 1/2 ")	25.0 mm (1 ")	1250 ± 25	.....	.....	.....
25.0 mm (1 ")	19.0 mm (3/4 ")	1250 ± 25	.....	.....	.....
19.0 mm (3/4 ")	12.5 mm (1/2 ")	1250 ± 25	2500 ± 10	.....	.....
12.5 mm (1/2 ")	9.5 mm (3/8 ")	1250 ± 25	2500 ± 10	.....	.....
9.5 mm (3/8 ")	6.3 mm (1/4 " )	.....	.....	2500 ± 10	.....
6.3 mm (1/4 ")	4.75 mm (N° 4 )	.....	.....	2500 ± 10	.....
4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8 )	.....	.....	.....	5000 ± 10
Total:		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Grado	Número de esferas	Peso de la carga en gr.
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3300 ± 20
D	6	2500 ± 15

Carga Gr.	Tamiz N° 1/2	Tamiz N° 3/8	Tamiz N°	Tamiz N°	Tamiz N° 12	TOTAL
Peso Inicial	2501,94	2500,92				
Peso Final.					4005,32	gr.
Pérdida					19,94	%

CUMPLE	SI	NO
---------------	-----------	-----------

Agregados para Mezclas Asfálticas la pérdida debe ser menor al 30%

Laboratorista: **Maria Laura Mattar Dominguez**

ENSAYO DE ABRASION DE LOS ANGELES ASTM C 131 - 89 - IRAM 1532

Procedencia: Cantera Cantetur
 Ubicación: Venado Tuerto
 Fecha: 01/06/02

Agregado N°:
 Tipo: 0 - 6

Medida de Tamiz (cuadrado)		Peso de Medidas Indicativas en gr.			
Pasa	Retenido	Grado			
		A	B	C	D
37.5 mm (1 1/2 ")	25.0 mm (1 ")	1250 ± 25	.....	.....	.....
25.0 mm (1 ")	19.0 mm (3/4 ")	1250 ± 25	.....	.....	.....
19.0 mm (3/4 ")	12.5 mm (1/2 ")	1250 ± 25	2500 ± 10	.....	.....
12.5 mm (1/2 ")	9.5 mm (3/8 ")	1250 ± 25	2500 ± 10	.....	.....
9.5 mm (3/8 ")	6.3 mm (1/4 " )	.....	.....	2500 ± 10	.....
6.3 mm (1/4 ")	4.75 mm (N° 4 )	.....	.....	2500 ± 10	.....
4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8 )	.....	.....	.....	5000 ± 10
Total:		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Grado	Número de esferas	Peso de la carga en gr.
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3300 ± 20
D	6	2500 ± 15

Carga	Tamiz	Tamiz	Tamiz	Tamiz	Tamiz	TOTAL
Gr.	N° 8	N°	N°	N°	N° 12	TOTAL
Peso Inicial	5002,1					
Peso Final.					4022,56	gr.
Pérdida					19,58	%

CUMPLE	SI	NO
--------	----	----

Agregados para Mezclas Asfálticas la pérdida debe ser menor al 30%

Laboratorista: MARIA LAURA MATTAR DOMINGUEZ

ENSAYO DE ABRASION DE LOS ANGELES ASTM C 131 - 89 - IRAM 1532

Procedencia: Cantera Marengo
Ubicación: Venado Tuerto
Fecha: 26/05/01

Agregado N°: muestra de obra
Tipo: 6 - 20

Pasa	Retenido	Peso de Medidas Indicativas en gr.			
		Grado			
		A	B	C	D
37.5 mm (1 1/2 ")	25.0 mm (1 ")	1250 ± 25	.....	.....	.....
25.0 mm (1 ")	19.0 mm (3/4 ")	1250 ± 25	.....	.....	.....
19.0 mm (3/4 ")	12.5 mm (1/2 ")	1250 ± 25	2500 ± 10	.....	.....
12.5 mm (1/2 ")	9.5 mm (3/8 ")	1250 ± 25	2500 ± 10	.....	.....
9.5 mm (3/8 ")	6.3 mm (1/4 " )	.....	.....	2500 ± 10	.....
6.3 mm (1/4 ")	4.75 mm (N° 4 )	.....	.....	2500 ± 10	.....
4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8 )	.....	.....	.....	5000 ± 10
Total:		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Grado	Número de esferas	Peso de la carga en gr.
A	12	5000 + 25
B	11	4584 + 25
C	8	3300 + 20
D	6	2500 + 15

Carga Gr.	Tamiz N° 1/2	Tamiz N° 3/8	Tamiz N°	Tamiz N°	Tamiz N° 12	TOTAL
Peso Inicial	2500,32	2501,38				
Peso Final.					4003,13	gr.
Pérdida					19,96	%

CUMPLE	SI	NO
--------	----	----

Agregados para Mezclas Asfálticas la pérdida debe ser menor al 30%

Laboratorista: MARIA LAURA MATTAR DOMINGUEZ

3.4.4 TEXTURA SUPERFICIAL

**ENSAYO DE ABRASION DE LOS ANGELES
ASTM C 131 - 89 - IRAM 1532**

Procedencia: Cantera Marengo
Ubicación: Venado Tuerto
Fecha: 26/05/02
Agregado N°: Muestra de Obra
Tipo: 0 - 6

Medida de Tamiz (cuadrado)		Peso de Medidas Indicativas en gr.			
Pasa	Retenido	Grado			
		A	B	C	D
37.5 mm (1 1/2 ")	25.0 mm (1 ")	1250 ± 25	.....	.....	.....
25.0 mm (1 ")	19.0 mm (3/4 ")	1250 ± 25	.....	.....	.....
19.0 mm (3/4 ")	12.5 mm (1/2 ")	1250 ± 25	2500 ± 10	.....	.....
12.5 mm (1/2 ")	9.5 mm (3/8 ")	1250 ± 25	2500 ± 10	.....	.....
9.5 mm (3/8 ")	6.3 mm (1/4 " )	.....	.....	2500 ± 10	.....
6.3 mm (1/4 ")	4.75 mm (N° 4 )	.....	.....	2500 ± 10	.....
4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8 )	.....	.....	.....	5000 ± 10
Total:		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Grado	Número de esferas	Peso de la carga en gr.
A	12	5000 + 25
B	11	4584 + 25
C	8	3300 + 20
D	6	2500 + 15

Carga	Tamiz	Tamiz	Tamiz	Tamiz	Tamiz	TOTAL
Gr.	N° 8	N°	N°	N°	N° 12	
Peso Inicial	5001,5					
Peso Final.					3982,22	gr.
Pérdida					20,38	%

CUMPLE	SI	NO
--------	----	----

Agregados para Mezclas Asfálticas la pérdida debe ser menor al 30%

Laboratorista: MARIA LAURA MATTAR DOMINGUEZ

3.4.4 TEXTURA SUPERFICIAL

Al igual que la forma de las partículas, la textura superficial influye en la trabajabilidad y resistencia de las mezclas asfálticas para pavimentación. La textura superficial ha sido frecuentemente considerada más importante que la forma de las partículas del agregado. Una textura superficial rugosa, similar a la del papel de lija, opuesta a una superficie lisa, tiende a incrementar la resistencia de la mezcla y requiere un porcentaje adicional de asfalto para compensar la pérdida de trabajabilidad. Los vacíos en el agregado mineral compactado son además casi siempre mayores, lo cual provee un espacio extra para el aumento necesario de asfalto.

Las gravas naturales, tales como las de río, generalmente tienen una textura superficial, lisa y partículas de formas redondeadas. La trituración, sin embargo, produce frecuentemente una textura superficial rugosa (especialmente a lo largo de la cara fracturada) y cambia la forma de las partículas. Los agregados de superficie lisa pueden ser fácilmente recubiertos con una película de asfalto pero la película se adherirá de modo más efectivo a las superficies rugosas.

No existe un método establecido para la medición de la textura superficial pero, al igual que la forma de las partículas esta característica se refleja en ensayos de resistencia y en la trabajabilidad de muchas mezclas asfálticas. Ensayo utilizado Norma de ensayo VN-E-10-67 factor de cubicidad.

3.4.5 FORMA DE LA PARTICULA

La forma de las partículas altera la trabajabilidad de la mezcla para pavimentación como así el esfuerzo necesario de compactación para obtener la densidad requerida. La forma de las partículas influye en la resistencia de la mezcla. Las partículas irregulares o angulosas, tales como la piedra partida y algunas gravas y arenas naturales, tienden a trabarse cuando son compactadas y a resistir el desplazamiento. Generalmente se obtiene una mejor trabazón con partículas de forma cúbica y aristas angulosas; dicha trabazón es mínima con partículas redondeadas.

Las partículas redondeadas, tales como las gravas y arenas naturales procedentes de los lechos de corrientes de agua, son usadas con éxito en mezclas asfálticas para pavimentación, especialmente las de granulometría cerrada. De cualquier modo, ya que

es posible una densidad más alta con partículas de agregado redondeadas, la cantidad de asfalto es el factor crítico de las mezclas de granulometría cerrada.

Muchas mezclas asfálticas contienen partículas de agregado angulares y redondeadas. La fracción de agregado grueso es usualmente ripio o piedra triturada y el agregado fino es generalmente arena natural (partículas redondeadas). Tales mezclas usualmente confían la resistencia principalmente al agregado triturado y la trabajabilidad y compactibilidad a las partículas redondeadas de arena.

3.4.7 PESO ESPECÍFICO

3.4.5.1 OBSERVACION PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS

Es difícil alcanzar la estabilidad adecuada del pavimento, cuando ambos agregados, grueso y fino, están compuestos por partículas redondeadas.

Cuando el agregado fino consiste enteramente de tamizados de la trituración de piedra o escoria, la mezcla para pavimentación puede ser de mala trabajabilidad y difícil de compactar hasta elevada densidad. Por esta razón aún cuando el agregado grueso provenga completamente de la trituración de piedra de cantera, es práctica común utilizar arena natural como agregado fino, o una combinación de arena natural y de tamizado de piedra triturada.

En este trabajo se utilizaron agregados provenientes de cantera, obteniéndose una cubicidad mayor al 60 % en cada caso, combinándose con arena silícea de río.

3.4.6 CAPACIDAD DE ABSORCIÓN

Todos los agregados son porosos, y algunos más que otros. La cantidad de líquido que un agregado absorbe cuando es sumergido en un baño determina su porosidad.

La capacidad de un agregado de absorber agua (o asfalto) es un elemento importante de información. Si un agregado es altamente absorbente, entonces continuará absorbiendo asfalto después del mezclado inicial en la planta, dejando así menos asfalto en su superficie para ligar las demás partículas de agregado. Debido a esto, un agregado poroso requiere cantidades mucho mayores de asfalto que las que requiere un agregado menos poroso.

Los agregados altamente porosos y absorbentes no son normalmente usados, a menos de que posean otras características que los haga deseables, a pesar de su alta capacidad de absorción. Algunos ejemplos de dichos materiales son la escoria de alto hormo y ciertos agregados sintéticos. Estos materiales son altamente porosos, pero también son livianos en peso y poseen alta resistencia al desgaste

3.4.7 PESO ESPECIFICO

El peso específico de un agregado es la proporción entre el peso de un volumen dado de agregado y el peso de un volumen igual de agua. El peso específico es una forma de expresar las características de peso y volumen de los materiales. Estas características son especialmente importantes en la producción de mezclas de pavimentación debido a que el agregado y el asfalto son proporcionados, en la mezcla, de acuerdo al peso.

Una tonelada de agregado de bajo peso específico tiene un volumen mayor (ocupa más espacio) que una tonelada de agregado con un peso específico más alto. Por consiguiente, para poder cubrir todas las partículas de agregado, más asfalto debe ser adicionado a una tonelada de agregado con bajo peso específico (mayor volumen) que a una tonelada de agregado con un peso específico más alto (menos volumen).

Otra razón importante por la cual es necesario conocer el peso específico de los agregados usados es que este ayuda en el cálculo del porcentaje de vacíos de aire (espacio de aire) de las mezclas compactadas. Todas las mezclas de pavimentación deben incluir un cierto porcentaje (en volumen) de vacíos o espacios de aire, como será explicado más adelante, Diseño de Mezclas. Estos espacios desempeñan una labor importante en el pavimento terminado. La única manera de calcular el porcentaje de vacíos de aire en un volumen dado de mezcla de pavimentación es midiendo el peso específico de una muestra de la mezcla de pavimentación y luego restando, de su valor, los pesos específicos del agregado y el asfalto que conforma la mezcla.

3.4.7.1 DEFINICIONES

- **Peso específico aparente:** es la relación entre el peso de un volumen del material seco a una temperatura dada y el peso de igual volumen de agua destilada a esa temperatura. El volumen incluye los poros impermeables del material.
- **Peso específico del agregado seco:** es la relación entre el peso de un volumen del material seco a una temperatura dada y el peso de igual volumen de agua destilada estando el material en condición de saturado a superficie seca. El volumen incluye los vacíos permeables e impermeables del material.
- **Peso específico del agregado saturado:** es la relación entre el peso saturado a superficie seca de un volumen del material a una temperatura dada y el peso de igual volumen de agua destilada. El volumen incluye los vacíos permeables e impermeables del material.

3.4.7.2 VALORES DE ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE LOS DIFERENTES AGREGADOS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS

CANTERA : BASALTO

1) AGREGADO GRUESO: 6-20
PESO DE LA MUESTRA A ENSAYAR: 4652,05 grs.

DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO:

peso húmedo grs.	Ph=	4713,51
peso sumergido grs.	Pi=	2990,74
peso seco grs.	Ps=	4583,46

CÁLCULOS:

- a) Peso específico aparente
 $P.E.A = 2,88$
- b) Peso específico del agregado seco
 $P.E.A.S = 2,66$
- c) Peso específico de agregado saturado
 $P.E.A.Sat = 2,74$
- d) Absorción
 $A\% = 2,84$

2) AGREGADO FINO: 0-6
PESO DE LA MUESTRA A ENSAYAR: 968,13 grs.

DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO:

peso total (agregado, agua , matraz) grs.	P=	1016,5
tara del matraz grs.	T=	199,4
volúmen del matraz ml.	VM=	500
volúmen de agua ml.	VA=	317,1
peso húmedo grs.	Ph=	500
peso seco grs.	Ps=	486,53

CÁLCULOS:

- a) Peso específico aparente
 $P.E.A = 2,87$
- b) Peso específico del agregado seco
 $P.E.A.S = 2,655$
- c) Peso específico de agregado saturado
 $P.E.A.Sat = 2,72$
- d) Absorción
 $A\% = 2,77$

CANTERA : CANTESUR

1) AGREGADO GRUESO: 6-20
PESO DE LA MUESTRA A ENSAYAR: 5208,54 grs.

DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO:

peso húmedo grs.	Ph=	5224,55
peso sumergido grs.	Pi=	3376,78
peso seco grs.	Ps=	5183,01

CÁLCULOS:

- a) Peso específico aparente
P.E.A = 2,87

- b) Peso específico del agregado seco
P.E.A.S = 2,8

- c) Peso específico de agregado saturado
P.E.A.Sat = 2,83

- d) Absorción
A%= 0,8%

2) AGREGADO FINO: 0-6
PESO DE LA MUESTRA A ENSAYAR: 988,88 grs.

DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO:

peso total (agregado, agua , matraz) grs.	P=	1022,43
tara del matraz grs.	T=	199,4
volúmen del matraz ml.	V _M =	500
volúmen de agua ml.	V _A =	323,03
peso húmedo grs.	Ph=	500
peso seco grs.	Ps=	483,47

CÁLCULOS:

- a) Peso específico aparente
P.E.A = 3,01

- b) Peso específico del agregado seco
P.E.A.S = 2,73

- c) Peso específico de agregado saturado
P.E.A.Sat = 2,82

- d) Absorción
A%= 3,4%

CANTERA : MARENGO

1) AGREGADO GRUESO: 6-20
PESO DE LA MUESTRA A ENSAYAR: 4290,5 grs.

DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO:

peso húmedo grs.	Ph=	4299,12
peso sumergido grs.	Pi=	2701,84
peso seco grs.	Ps=	4286,72

CÁLCULOS:

a) Peso específico aparente
P.E.A = 2,7

b) Peso específico del agregado seco
P.E.A.S = 2,68

c) Peso específico de agregado saturado
P.E.A.Sat = 2,69

d) Absorción
A%= 0,03%

2) AGREGADO FINO: 0-6
PESO DE LA MUESTRA A ENSAYAR: 921,34 grs.

DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO:

peso total (agregado, agua , matraz) grs.	P=	1000,75
tara del matraz grs.	T=	191,43
volúmen del matraz ml.	VM=	500
volúmen de agua ml.	VA=	309,32
peso húmedo grs.	Ph=	500
peso seco grs.	Ps=	496,22

CÁLCULOS:

a) Peso específico aparente
P.E.A = 2,7

b) Peso específico del agregado seco
P.E.A.S = 2,6

c) Peso específico de agregado saturado
P.E.A.Sat = 2,62

d) Absorción

A%= 0,76%



ARENA SILÍCEA

2) AGREGADO FINO: ARENA SILÍCEA
PESO DE LA MUESTRA A ENSAYAR: 1002,5

DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO:

peso total (agregado, agua, matraz) grs.	P=	1009,09
tara del matraz grs.	T=	199,4
volúmen del matraz ml.	VM=	500
volúmen de agua ml.	VA=	309,7
peso húmedo grs.	Ph=	500
peso seco grs.	Ps=	497,83

CÁLCULOS:

a) Peso específico aparente

$$P.E.A = 2,65$$

b) Peso específico del agregado seco

$$P.E.A.S = 2,62$$

c) Peso específico de agregado saturado

$$P.E.A.Sat = 2,63$$

d) Absorción

$$A\% = 0,44$$

CEMENTO

1) AGREGADO FINO: CEMENTO
PESO DE LA MUESTRA A ENSAYAR: 50,01

DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO:

peso seco grs.	Ps=	50,01
volúmen inicial del kerosene ml.	Vi=	225
volúmen final del kerosene ml.	Vf=	242

CÁLCULOS:

a) Peso específico aparente

$P.E.A = 2,94$

CONCENTRACIÓN CRÍTICA

1) AGREGADO FINO: CEMENTO
PESO DE LA MUESTRA A ENSAYAR: 8,37gr.

DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO:

peso seco grs.	Ps=	8,37
volúmen del sedimento ml.	V=	9,1

CÁLCULOS:

a) concentración crítica

$Cs = 0,31$

4. DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

3.5 RESUMEN

Una mezcla en caliente de pavimento asfáltico consiste en una mezcla uniforme de asfalto y agregado caliente.

Casi todo el asfalto utilizado hoy en día proviene de la refinación de crudos de petróleo. El cemento asfáltico (asfalto de pavimentación) está clasificado de acuerdo a su viscosidad o penetración. Unas de las propiedades físicas más importantes del asfalto en la pavimentación son : durabilidad, adhesión y cohesión, susceptibilidad a la temperatura, y resistencia al envejecimiento y al endurecimiento. Los ensayos típicos de asfalto constan de pruebas que tienen como propósito determinar la viscosidad del cemento asfáltico, su penetración, su punto de inflamación, sus características de envejecimiento y endurecimiento, su ductilidad, su solubilidad, y su peso específico.

Los agregados de pavimentación abarcan los agregados naturales, los agregados procesados, los agregados sintéticos o artificiales, y los rellenos minerales.

Se debe tener cuidado durante la producción, el acopio, el manejo, y el muestreo de agregado, para evitar contaminación, degradación y segregación. Técnicas específicas han sido desarrolladas para minimizar los efectos que pueden ocasionar que un agregado no sea apropiado para ser usado en la pavimentación.

Algunas propiedades de especial interés en la pavimentación son la granulometría y el tamaño de la partícula, su limpieza, su dureza, su forma, su textura superficial y su capacidad de absorción. Ciertos cálculos, referentes al agregado, son requeridos en el curso de la producción de mezclas asfálticas en caliente para poder garantizar conformidad con las especificaciones. Estos incluyen el análisis de granulometría, los cálculos de proporcionamiento, y la determinación del peso específico.

4. DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

GENERALIDADES

El concreto asfáltico denso, mezclado en caliente, es el tipo más común de pavimento asfáltico para tráfico pesado y mediano, debido a su larga vida en servicio cuando es proyectado y construido correctamente.

Se prepara mezclando proporciones seleccionadas de agregados gruesos y finos y cemento asfáltico a temperatura entre 125°C y 150°C; estas se llevan al lugar de trabajo y el producto se extiende sobre una superficie preparada mediante pavimentadoras mecánicas autopropulsadas, compactándose luego, mientras continúa caliente, por apisonado hasta llegar a la densidad especificada. Para rendir un servicio excelente durante muchos años, el concreto asfáltico debe proyectarse con un contenido de vacíos (aire) bajo, entre 3 y 5 % cuando se ha compactado por el tráfico hasta la densidad final especificada.

Este contenido bajo de vacíos reduce su permeabilidad al aire y agua, que constituyen los dos principales agentes del deterioro de los pavimentos.

Los pavimentos de concreto asfáltico bien proyectados y construidos son factibles de proveer excelente comportamiento con respecto a las siguientes exigencias básicas de servicio:

- a) Durabilidad.
- b) Resistencia al deslizamiento.
- c) Flexibilidad.
- d) Estabilidad.

Se considera satisfactoria la durabilidad de un pavimento asfáltico si provee buen servicio durante 15 a 20 años o más. La durabilidad depende de la utilización de agregados duros y tenaces para las capas de superficie, de un contenido relativamente elevado de cemento asfáltico, del compactado rápido hasta la densidad final y del contenido de 3 a 5 % de vacíos (aire).

Una buena resistencia al deslizamiento constituye un muy importante requerimiento de servicio, cuando se trata de tráfico de gran volumen y de alta velocidad. La acción de frenado será asegurada según necesidades, cuando el coeficiente de fricción entre neumáticos y el pavimento, tanto para tiempo seco como húmedo, sea el más elevado. Una de las causas más serias de mala resistencia al deslizamiento, lo constituye la superficie asfáltica

con afloramiento o con exudaciones (por exceso de asfalto en la superficie), lo que lo hace resbaladizo cuando está húmedo. Algunos agregados tienden a pulirse gradualmente con el tráfico, contribuyendo también a disminuir la resistencia al deslizamiento.

Un pavimento de concreto asfáltico con una textura superficial arenosa tiende a ser más resistente al deslizamiento que otro que contenga un alto porcentaje de agregado grueso. Para obtener una buena resistencia al deslizamiento, el contenido asfáltico de la capa superficial debe proyectarse para impedir afloramientos o exudaciones, debiendo contener agregados no abrasivos y que pasen en su totalidad por el tamiz de $\frac{3}{4}$ pulgada.

Las investigaciones han demostrado que los pavimentos asfálticos están sujetos a fallas por fatiga ante flexiones repetidas, de lo que resulta la rotura de los mismos.

En consecuencia, un pavimento asfáltico dado puede tender a romperse luego de estar sometido a relativamente pocos movimientos verticales amplios cuando sobre él transitan los vehículos, pero puede resistir el tráfico de millones de vehículos si la amplitud del movimiento vertical es pequeña al pasar cada rueda. Para una carga determinada por rueda, la amplitud del movimiento vertical, al pasar la rueda sobre cualquier punto de su superficie tiende a ser elevada si el pavimento está construido sobre una base débil, pero es baja si el mismo pavimento lo está sobre una fundación fuerte.

Luego, los pavimentos asfálticos deberían proyectarse para tener mayor flexibilidad al colocarse sobre bases más débiles, pero pueden ser más duros y menos flexibles al instalarse sobre fundaciones fuertes.

El comportamiento del pavimento indica que su flexibilidad es influenciada por el grado de cemento asfáltico empleado, y que los grados más livianos del asfalto proveen mayor flexibilidad.

Para un servicio satisfactorio los pavimentos asfálticos deben tener estabilidad adecuada para evitar desplazamientos y distorsiones bajo las cargas y volúmenes de tráfico que deberán soportar. No deberían desarrollarse ondas, corrugaciones o arrugas y formarse baches debido a deformaciones laterales del mismo pavimento bajo tráfico.

En una mezcla asfáltica en caliente de pavimentación, el asfalto y el agregado son combinados en proporciones exactas. Las proporciones relativas de estos materiales determinan las propiedades físicas de la mezcla y, eventualmente, el desempeño de la misma como pavimento terminado. Existen dos métodos de diseño comúnmente utilizados para determinar las proporciones apropiadas de asfalto y agregado en una mezcla. Ellos son el Método Marshall y el Método Hveem.

Ambos métodos de diseño son ampliamente usados en el diseño de mezclas asfálticas de pavimentación. La selección y uso de cualquiera de estos métodos de diseño de mezclas es, principalmente, asunto de gustos en ingeniería, debido a que cada uno contiene características y ventajas singulares. En esta investigación fue usado el **Método Marshall**.

4.3 CARACTERÍSTICAS Y COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA

4.1 DEFINICION DE MEZCLAS CALIENTES

Una mezcla asfáltica en caliente consiste en una combinación de agregados uniformemente mezclados recubiertos por cemento asfáltico. Para secar los agregados y obtener suficiente fluidez del cemento asfáltico como para lograr adecuada trabajabilidad y mezclado, tanto el agregado como el asfalto deben ser calentados antes del mezclado; de ahí el término “mezcla en caliente”.

Los agregados y el asfalto son combinados en una planta de mezclado en la cual todos los materiales constituyentes son calentados, proporcionados y mezclados para producir la mezcla es transportada al lugar de la pavimentación y distribuida por una pavimentadora en una capa ligeramente compactada para obtener una superficie uniforme y pareja. Mientras la mezcla está aún caliente, el material es compactado más intensamente por rodillos pesados accionados a motor para producir una capa lisa y bien consolidada.

4.2 CLASIFICACION DE LAS MEZCLAS CALIENTES

Las mezclas asfálticas en caliente pueden ser producidas para un amplio rango de combinaciones de agregados, cada uno con sus características particulares adecuadas el diseño específico y a sus usos en la construcción. Paralelamente a la cantidad y tipo de asfalto usado, se determinan las características principales de la mezcla por las cantidades relativas de:

- a) agregado grueso, retenido en tamiz de 2,36 mm (Nº 8).
- b) agregado fino, que pasa el tamiz de 2,36 mm (Nº 8).
- c) polvo mineral, que pasa el tamiz de 75 μ m (Nº 200):

El concreto asfáltico es un tipo de mezcla en caliente sometida a requerimientos estrictos, por lo cual deberá ser definida exactamente. Es una mezcla de alta

calidad, cuidadosamente controlada, de cemento asfáltico y agregado bien graduado y de gran rendimiento, enteramente compactada llevándola a una masa de densidad uniforme tipificada como mezcla de graduación cerrada para pavimentación.

4.3 CARACTERÍSTICAS Y COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA

Una muestra de mezcla de pavimentación preparada en el laboratorio puede ser analizada para determinar su posible desempeño en la estructura del pavimento. El análisis esta enfocado hacia cuatro características de la mezcla, y la influencia que estas puedan tener en el comportamiento de la mezcla. Las cuatro características son:

- Densidad de mezcla.
- Vacíos de aire, o simplemente vacíos.
- Vacíos en el agregado mineral.
- Contenido de asfalto.

4.3.1 DENSIDAD

La densidad de la mezcla compactada esta definida como su peso unitario (el peso de un volumen específico de mezcla). La densidad es una característica muy importante, debido a que es esencial tener una alta densidad en el pavimento terminado para obtener un rendimiento duradero.

En las pruebas y el análisis de diseño de mezclas, la densidad de la muestra compactada se expresa, generalmente, en kilogramos por metro cúbico (Kg/m^3). La densidad obtenida en el laboratorio se convierte en la densidad patrón, y es usada como referencia para determinar si la densidad del pavimento terminado es, o no, adecuada. Las especificaciones usualmente requieren que la densidad del pavimento sea un porcentaje de la densidad del laboratorio. Esto se debe a que muy rara vez la compactación in-situ logra las densidades que se obtienen usando los métodos normalizados de compactación de laboratorio.

4.3.2 VACIOS DE AIRE (o simplemente vacíos)

Los vacíos de aire son espacios pequeños de aire, o bolsas de aire, que están presentes entre los agregados revestidos en la mezcla final compactada. Es necesario que todas las mezclas densamente graduadas contengan cierto porcentaje de vacíos para permitir alguna compactación adicional bajo el tráfico, y proporcionar espacios a donde pueda fluir el asfalto durante esta compactación adicional. El porcentaje permitido de vacíos (en muestras de laboratorio) para capas de base y capas superficiales está entre 3 y 5 %, dependiendo del diseño específico.

La durabilidad de un pavimento asfáltico es función del contenido de vacíos, La razón de esto es que entre menor sea la cantidad de vacíos, menor va a ser la permeabilidad de la mezcla. Un contenido demasiado alto de vacíos proporciona pasajes, a través de la mezcla, por los cuales puede entrar el agua y el aire, y causar deterioro. Por otro lado, un contenido demasiado bajo de vacíos puede producir exudación de asfalto; una condición en donde el exceso de asfalto es exprimido fuera de la mezcla hacia la superficie.

La densidad y el contenido de vacíos están directamente relacionados. Entre más alta la densidad, menor es el porcentaje de vacíos en la mezcla, y viceversa. Las especificaciones de la obra requieren, usualmente, una densidad que permita acomodar el menor número posible (en la realidad) de vacíos; preferiblemente menos del 5 por ciento.

4.3.3 VACIOS EN EL AGREGADO MINERAL

Los vacíos en el agregado mineral (VAM) son los espacios de aire que existen entre las partículas de agregado en una mezcla compactada de pavimentación, incluyendo los espacios que están llenos de asfalto.

El VAM representa el espacio disponible para acomodar el volumen efectivo de asfalto (todo el asfalto menos la porción que se pierde, por absorción, en el agregado) y el volumen de vacíos necesario en la mezcla. Cuando mayor sea el VAM, más espacio habrá disponible para las películas de asfalto. Existen valores mínimos para VAM los cuales están recomendados y especificados como función del tamaño del agregado. Estos valores se basan en el hecho de que cuanto más gruesa sea la película de asfalto que cubre las partículas de agregado, más durable será la mezcla. La Fig.1 ilustra el concepto de VAM.

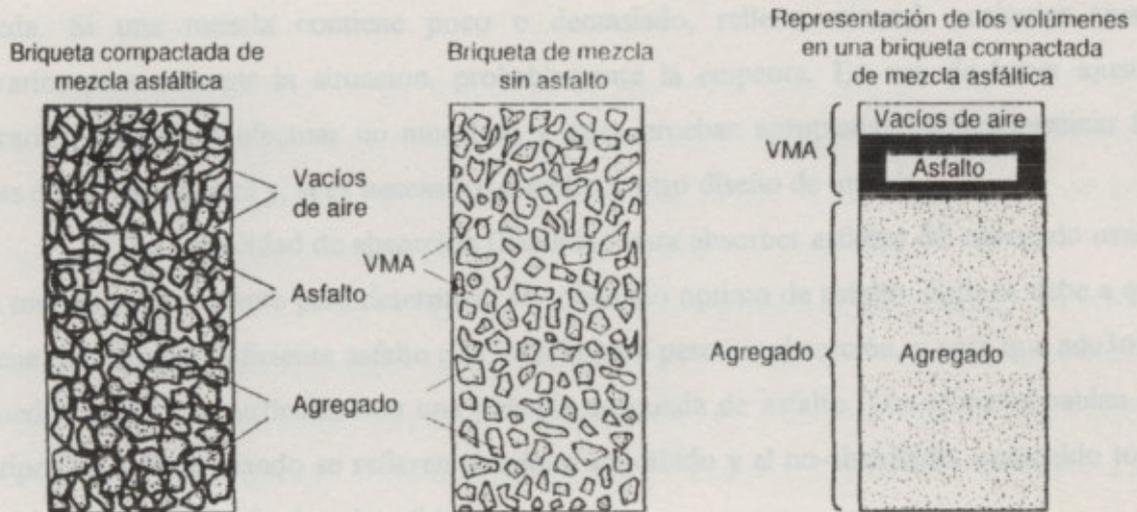


Fig. 1 : Ilustración del VAM en una Probeta de Mezcla Compactada

Nota: para simplificar, el volumen de asfalto absorbido no es mostrado.

4.3.4 CONTENIDO DE ASFALTO

La proporción de asfalto en la mezcla es importante y deber ser determinada exactamente en el laboratorio, y luego controlada con precisión en la obra. El contenido de asfalto de una mezcla particular se establece usando los criterios (discutidos más adelante) dictados por el método de diseño seleccionado.

El contenido óptimo de asfalto de una mezcla depende, en gran parte, de las características del agregado, tales como la granulometría y la capacidad de absorción. La granulometría del agregado esta directamente relacionada con el contenido óptimo de asfalto. Entre más finos contenga la graduación de la mezcla, mayor será el área superficial total, y mayor será la cantidad de asfalto requerida para cubrir, uniformemente, todas las partículas. Por otro lado, las mezclas más gruesas (agregados más grandes) exigen menos asfalto debido a que poseen menos área superficial total.

La relación entre el área superficial del agregado y el contenido óptimo de asfalto es más pronunciada cuando hay relleno mineral (fracciones muy finas de agregado que pasan a través del tamiz de 0.075 mm (Nº 200). Los pequeños incrementos en la cantidad de relleno mineral, pueden absorber, literalmente, gran parte del contenido de asfalto, resultando en una mezcla inestable y seca. Las pequeñas disminuciones tienen el efecto contrario: poco relleno mineral resulta en una mezcla muy rica (húmeda). Cualquier variación en el contenido de relleno mineral causa cambios en las propiedades de la mezcla, haciéndola variar de seca a

húmeda. Si una mezcla contiene poco o demasiado, relleno mineral, cualquier ajuste arbitrario, para corregir la situación, probablemente la empeora. En vez de hacer ajustes arbitrarios, se deberá efectuar un muestreo y unas pruebas apropiadas para determinar las causas de las variaciones y, si es necesario, establecer otro diseño de mezcla.

La capacidad de absorción (habilidad para absorber asfalto) del agregado usado en la mezcla es importante para determinar el contenido óptimo de asfalto. Esto se debe a que se tiene que agregar suficiente asfalto a la mezcla para permitir absorción, y para que además se puedan cubrir las partículas con una película adecuada de asfalto. Los técnicos hablan de dos tipos de asfalto cuando se refieren al asfalto absorbido y al no-absorbido: contenido total de asfalto y contenido efectivo de asfalto.

El contenido total de asfalto es la cantidad de asfalto que debe ser adicionada a la mezcla para producir las cualidades deseadas en la mezcla. El contenido efectivo de asfalto es el volumen de asfalto no absorbido por el agregado; es la cantidad de asfalto que forma una película ligante efectiva sobre las superficies de los agregados. El contenido efectivo de asfalto se obtiene al restar la cantidad absorbida de asfalto del contenido total del asfalto.

La capacidad de absorción de un agregado es, obviamente, una característica importante en la definición del contenido de asfalto de una mezcla. Generalmente se conoce la capacidad de absorción de las fuentes comunes de agregado, pero es necesario efectuar ensayos cuidadosos cuando son usadas fuentes nuevas.

4.4 PROPIEDADES CONSIDERADAS EN EL DISEÑO DE MEZCLAS

Las buenas mezclas asfálticas en caliente trabajan bien debido a que son diseñadas, producidas y colocadas de tal manera que se logra obtener las propiedades deseadas. Hay varias propiedades que contribuyen a la buena calidad de pavimentos de mezclas en caliente. Estas incluyen la estabilidad, la durabilidad, la impermeabilidad, la trabajabilidad, la flexibilidad, la resistencia a la fatiga y la resistencia al deslizamiento.

El objetivo primordial del procedimiento de diseño de mezclas es el de garantizar que la mezcla de pavimentación posea cada una de estas propiedades. Por lo tanto, se deberá estar consciente de qué significa cada una de estas propiedades, cómo es evaluada, y qué representa en términos de rendimiento de pavimento.

4.4.1 ESTABILIDAD

La estabilidad de un asfalto es su capacidad para resistir desplazamiento y deformación bajo las cargas del tránsito. Un pavimento estable es capaz de mantener su forma y lisura bajo cargas repetidas; un pavimento inestable desarrolla ahuellamientos (canales), ondulaciones (corrugación) y otras señas que indican cambios en la mezcla.

Los requisitos de estabilidad solo pueden establecerse después de un análisis completo del tránsito, debido a que las especificaciones de estabilidad deben ser lo suficiente altas para acomodar adecuadamente el tránsito esperado, pero no más altas de lo que exijan las condiciones de tránsito. Valores muy altos de estabilidad producen un pavimento demasiado rígido y, por lo tanto, menos durable que lo deseado.

La estabilidad de una mezcla depende de la fricción y la cohesión interna. La fricción interna en las partículas de agregado (fricción entre partículas) esta relacionada con características del agregado tales como forma y textura superficial. La cohesión resulta de la capacidad ligante del asfalto. Un grado propio de fricción y cohesión interna, en la mezcla, previene que las partículas de agregado se desplacen unas respecto a otras debido a las fuerzas ejercidas por el tráfico.

En términos generales, entre más angular sea la forma de las partículas de agregado y más áspera sea su textura superficial, más alta será la estabilidad de la mezcla.

La fuerza ligante de la cohesión aumenta con aumentos en la frecuencia de carga (tráfico). La cohesión también aumenta a medida que la viscosidad del asfalto aumenta, o a medida que la temperatura del pavimento disminuye. Adicionalmente, y hasta cierto nivel, los aumentos en el contenido de asfalto producen una película demasiado gruesa sobre las partículas de agregado, lo cual resulta en pérdidas de fricción entre partículas. Existen muchas causas y efectos asociados con una estabilidad insuficiente en el pavimento. El siguiente cuadro enuncia varias de estas causas y efectos.

ESTABILIDAD BAJA

Causas	Efectos
Exceso de asfalto en la mezcla	Ondulaciones, ahuellamiento, y afloramiento o exudación.
Exceso de arena de tamaño medio en la mezcla	Baja resistencia durante la compactación y posteriormente durante un cierto tiempo; dificultad para la compactación.

Agregado redondeado sin, o con pocas, superficies trituradas.

Ahuellamiento y canalización

POCA DURABILIDAD

4.4.2 DURABILIDAD

La durabilidad de un pavimento asfáltico es su habilidad para resistir factores tales como la desintegración del agregado, cambios en las propiedades del asfalto (polimerización y oxidación), y separación de las películas de asfalto. Estos factores pueden ser el resultado de la acción del clima, el tránsito, o una combinación de ambos.

Generalmente, la durabilidad de una mezcla puede ser mejorada de tres formas. Estas son: usando la mayor cantidad posible de asfalto, usando una graduación densa de agregado resistente a la separación, y diseñando y compactando la mezcla para obtener la máxima impermeabilidad.

La mayor cantidad posible de asfalto aumenta la durabilidad porque las películas gruesas de asfalto no se envejecen o endurecen tan rápido como lo hacen las películas delgadas. En consecuencia, el asfalto retiene, por más tiempo, sus características originales. Además, el máximo contenido posible de asfalto sella eficazmente un gran porcentaje de vacíos interconectados en el pavimento, haciendo difícil la penetración del aire y del agua. Por supuesto, se debe dejar un cierto porcentaje de vacíos en el pavimento para permitir la expansión del asfalto en los tiempos cálidos.

Una graduación densa de agregado firme, duro, y resistente a la separación, contribuye, de tres maneras, a la durabilidad del pavimento. Una graduación densa proporciona un contacto más cercano entre las partículas de agregado, lo cual mejora la impermeabilidad de la mezcla. Un agregado firme y duro resiste la desintegración bajo las cargas del tránsito. Un agregado resistente a la separación resiste la acción del agua y el tránsito, las cuales tienden a separar la película de asfalto de las partículas de agregado, conduciendo a la desintegración del pavimento. La resistencia de una mezcla a la separación puede ser mejorada, bajo ciertas condiciones, mediante el uso de compuestos adhesivos, o rellenos minerales como la cal hidratada.

La intrusión de aire y agua en el pavimento puede minimizarse si se diseña y compacta la mezcla para darle al pavimento la máxima impermeabilidad posible. Existen

muchas causas y efectos asociados con un poco durabilidad del pavimento. El siguiente cuadro presenta una lista de algunas causas y efectos.

POCA DURABILIDAD

Causas	Efectos
Bajo contenido de asfalto.	Endurecimiento rápido del asfalto y desintegración por pérdida de agregado
Alto contenido de vacíos debido al diseño o a la falta de compactación	Endurecimiento temprano del asfalto seguido por agrietamiento o desintegración.
Agregados susceptibles al agua (hidrofilicos).	Películas de asfalto se desprenden del agregado dejando un pavimento desgastado, o desintegrado.

4.4.3 IMPERMEABILIDAD

La impermeabilidad de un pavimento asfáltico es la resistencia al paso de aire y agua hacia su interior, o a través de él. Esta característica esta relacionada con el contenido de vacíos de la mezcla compactada, y es así como gran parte de las discusiones sobre vacíos en las secciones de diseño de mezcla se relacionan con impermeabilidad. Aunque el contenido de vacíos es una indicación del paso potencial de aire y agua a través de un pavimento, la naturaleza de estos vacíos es más importante que su cantidad. El grado de impermeabilidad esta determinado por el tamaño de los vacios, sin importar si están o no conectados, y por el acceso que tienen a la superficie del pavimento.

Aunque la impermeabilidad es importante para la durabilidad de las mezclas compactadas, virtualmente todas las mezclas asfálticas usadas en la construcción de carreteras tienen cierto grado de permeabilidad. Esto es aceptable, siempre y cuando la permeabilidad esté dentro de los límites especificados. El siguiente cuadro muestra causas y efectos relacionados con valores bajos de impermeabilidad para pavimentos asfálticos de graduación densa.

MEZCLA DEMASIADO PERMEABLE

Causas	Efectos
Bajo contenido de asfalto.	Las películas delgadas de asfalto causarán, tempranamente, un envejecimiento y una desintegración de la mezcla.
Alto contenido de vacíos en la mezcla de diseño.	El agua y el aire pueden entrar fácilmente en el pavimento, causando oxidación y desintegración de la mezcla.
Compactación inadecuada.	Resultará en vacíos altos en el pavimento, lo cual conducirá a infiltración de agua y baja estabilidad.

4.4.4 TRABAJABILIDAD

La trabajabilidad esta descrita por la facilidad con que una mezcla de pavimentación puede ser colocada y compactada. Las mezclas que poseen buena trabajabilidad son fáciles de colocar y compactar; aquellas con mala trabajabilidad son difíciles de colocar y compactar. La trabajabilidad puede ser mejorada modificando los parámetros del diseño de la mezcla, el tipo de agregado, y/o la granulometría.

Las mezclas gruesas (mezclas que contienen un alto porcentaje de agregado grueso) tienen una tendencia a segregarse durante su manejo, y también pueden ser difíciles de compactar. A través de mezclas de prueba en el laboratorio puede ser posible adicionar agregado fino, y tal vez asfalto, a una mezcla gruesa, para volverla más trabajable. En tal caso se deberá tener cierto cuidado para garantizar que la mezcla modificada cumpla con los otros criterios de diseño, tales como contenido de vacíos y estabilidad.

Un contenido demasiado alto de relleno mineral también puede afectar la trabajabilidad. Puede ocasionar que la mezcla se vuelva muy viscosa, haciendo difícil su compactación.

La trabajabilidad es especialmente importante en sitios donde se requiere colocar y rastrillar a mano cantidades considerables de mezcla, como por ejemplo alrededor de tapas de alcantarillado, curvas pronunciadas, y otros obstáculos similares. Es muy importante usar mezclas trabajables en dichos sitios.

Las mezclas que son fácilmente trabajables o deformables se conocen como mezclas tiernas. Las mezclas tiernas son demasiado inestables para ser colocadas y compactadas apropiadamente. Usualmente son el producto de una falta de relleno mineral, demasiada arena de tamaño mediano, partículas lisas y redondeadas de agregado, y/o demasiada humedad en la mezcla.

Aunque el asfalto no es la principal causa de los problemas de trabajabilidad, si tiene algún efecto sobre esta propiedad. Debido a que la temperatura de la mezcla afecta la viscosidad del asfalto, una temperatura demasiado baja hará que la mezcla sea poco trabajable, mientras que una temperatura demasiado alta podrá hacer que la mezcla se vuelva tierna. El grado y el porcentaje de asfalto también pueden afectar la trabajabilidad de la mezcla. El siguiente cuadro cita algunas causas y efectos relacionados con la trabajabilidad de mezclas de pavimentación.

MALA TRABAJABILIDAD

Causas	Efectos
Tamaño máximo de partícula: grande	Superficie áspera, difícil de colocar.
Demasiado agregado grueso.	Puede ser difícil de compactar.
Temperatura muy baja de mezcla.	Agregado sin revestir, mezcla poco durable; superficie áspera, difícil de compactar.
Demasiada arena de tamaño medio.	La mezcla se desplaza bajo la compactadora y permanece tierna o blanda.
Bajo contenido de relleno mineral.	Mezcla tierna, altamente permeable.
Alto contenido de relleno mineral.	Mezcla muy viscosa, difícil de manejar; poco durable

4.4.5 FLEXIBILIDAD

Flexibilidad es la capacidad de un pavimento asfáltico para acomodarse, sin que se agriete, a movimientos y asentamientos graduales de la subrasante. La flexibilidad es una característica deseable en todo pavimento asfáltico debido a que virtualmente todas las subrasantes se asientan (bajo cargas) o se expanden (por expansión del suelo).

Una mezcla de granulometría abierta con alto contenido de asfalto es, generalmente, más flexible que una mezcla densamente graduada de bajo contenido de asfalto. Algunas veces los requerimientos de flexibilidad entran en conflicto con los requisitos de estabilidad, de tal manera que se debe buscar el equilibrio de los mismos.

4.4.6 RESISTENCIA A LA FATIGA

La resistencia a la fatiga de un pavimento es la resistencia a la flexión repetida bajo las cargas de tránsito. Se ha demostrado, por medio de la investigación, que los vacíos (relacionados con el contenido de asfalto) y la viscosidad del asfalto tienen un efecto considerable sobre la resistencia a la fatiga. A medida que el porcentaje de vacíos en un pavimento aumenta, ya sea por diseño o por falta de compactación, la resistencia a la fatiga del pavimento (el período de tiempo durante el cual un pavimento en servicio es adecuadamente resistente a la fatiga) disminuye. Así mismo, un pavimento que contiene asfalto que se ha envejecido y endurecido considerablemente tiene menor resistencia a la fatiga.

Las características de resistencia y espesor de un pavimento, y la capacidad de soporte de la subrasante, tienen mucho que ver con la vida del pavimento y con la prevención del agrietamiento asociado con cargas de tránsito. Los pavimentos de gran espesor sobre subrasantes resistentes no se flexionan tanto, bajo las cargas, como los pavimentos delgados o aquellos que se encuentran sobre subrasantes débiles. El siguiente cuadro muestra causas y efectos que conducen a una mala resistencia a la fatiga.

MALA RESISTENCIA A LA FATIGA

Causas	Efectos
Bajo contenido de asfalto.	Agrietamiento por fatiga.
Vacíos altos de diseño.	Envejecimiento temprano del asfalto, seguido por agrietamiento por fatiga.
Falta de compactación.	Envejecimiento temprano del asfalto, seguido por agrietamiento por fatiga.
Espesor inadecuado de pavimento.	Demasiada flexión seguida por agrietamiento por fatiga.

4.4.7 RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

Resistencia al deslizamiento es la habilidad de una superficie de pavimento de minimizar el deslizamiento o resbalamiento de las ruedas de los vehículos, particularmente cuando la superficie esta mojada. Para obtener buena resistencia al deslizamiento, el neumático debe ser capaz de mantener contacto con las partículas de agregado en vez de rodar sobre una película de agua en la superficie del pavimento (hidroplaneo). La resistencia al deslizamiento se mide en terreno con una rueda normalizada bajo condiciones controladas de humedad en la superficie del pavimento, y a una velocidad de 65 Km/h (40 mi/h).

Una superficie áspera y rugosa de pavimento tendrá mayor resistencia al deslizamiento que una superficie lisa. La mejor resistencia al deslizamiento se obtiene con un agregado de textura áspera, en una mezcla de gradación abierta y con un tamaño máximo de 9.5 mm (3/8 pulgada) a 12.5 mm (1/2 pulgada). Además de tener una superficie áspera, los agregados deben resistir el pulimento (alisamiento) bajo el tránsito. Los agregados calcáreos son más susceptibles al pulimento que los agregados silíceos. Las mezclas inestables que tienden a deformarse o a exudar (flujo de asfalto a la superficie) presentan problemas graves de resistencia al deslizamiento. El siguiente cuadro presenta una lista de las causas y los efectos relacionados con una mala resistencia al deslizamientos.

POCA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

Causas	Efectos
Exceso de asfalto.	Exudación, poca resistencia al deslizamiento.
Agregado mal graduado o con mala textura.	Pavimento liso, posibilidad de hidroplaneo.
Agregado pulido en la mezcla.	Poca resistencia al deslizamiento.

4.5 ESPECIFICACIONES DE VIALIDAD NACIONAL EN LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA

TRANSITO	PESADO	MEDIANO	LIVIANO
PARAMETROS			
Número de golpes de pisón por cada Cara de la probeta	75	50	35
Estabilidad (Kg) (Base y Carpeta)	600	500	400
Fluencia (mm)	2 - 4	2 - 4,5	2 - 5
Vacios (%)	3 - 8	3 - 8	3 - 8
Base y Carpeta	3 - 5	3 - 5	3 - 5
V.A.M.: Función del tamaño máximo nominal (Ver cuadro siguiente)			
Relación C/Cs Base y Carpeta	≤ 1 En todos los casos. Siendo: C= Concentración en volumen del Pasa 200. Cs= Concentración crítica del Pasa 200.		

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	% V.A.M. (Mínimo)
1 ½"	12
1"	13
¾"	14
½"	15
3/8"	16

4.6 EVALUACIÓN Y AJUSTES EN EL DISEÑO DE LA MEZCLA

En el proceso de evaluación de un diseño para una mezcla, es necesario preparar varias mezclas de prueba para encontrar una que cumpla con todos los criterios del método de diseño que se está usando. El análisis de cada mezcla de prueba sirve como guía para poder hacer ajustes en las demás mezclas de prueba.

Las mezclas de prueba usadas para establecer la fórmula de mezcla de la obra deben tener una granulometría de agregado dentro de las especificaciones de la obra. Cuando las mezclas iniciales de prueba no cumplan con los criterios del diseño, será necesario modificar la mezcla o, en algunos casos, volver a diseñarla usando diferentes granulometría de agregado.

4.6.1 SIGNIFICACION DE LAS EXIGENCIAS DE VACIOS DE AIRE

En esta sección se pasará revista a la significación práctica de las exigencias respecto a vacíos de aire. Se demostrará que se requiere un valor mínimo para los vacíos de aire para proteger un pavimento de concreto asfáltico evitando el afloramiento o exudación de la superficie en toda su vida en servicio.

Los afloramientos y exudaciones serias que pueden ocurrir cuando un pavimento asfáltico ha sido deficientemente diseñado y contiene demasiado cemento asfáltico. Estas dos fallas son causadas por la exudación gradual o el exprimido del exceso de cemento asfáltico sobre la superficie pavimentada, mientras el pavimento continúa compactándose bajo el tráfico. Los pavimentos asfálticos, aflorados o exudados son peligrosos para el tráfico en tiempo húmedo porque entonces se tornan resbaladizos.

Investigaciones han indicado que los pavimentos de concreto asfáltico, comienzan a aflorar o exudan cuando el tráfico ha compactado el pavimento hasta un contenido en vacíos de aire aproximadamente igual o inferior al 1 %.

Como se ilustra en el diagrama simple de la Fig. 2, los vacíos de aire en una mezcla de pavimento compactado son las pequeñas bolsas de aire entre las partículas de agregados recubiertas. Su volumen total se expresa como porcentaje del volumen real de la mezcla para pavimentación compactada. Después de la compactación por apisonado, el volumen promedio de cada una de estas pequeñas bolsas de aire es bastante grande, pero a medida que el pavimento es compactado por tráfico va disminuyendo. Como se dijo antes, si

debido a un diseño deficiente de la mezcla para pavimentación, el tráfico puede compactar el pavimento hasta un contenido de vacíos de aire aproximadamente igual o inferior al 1 %, una parte del ligante asfáltico comenzará a exudar de la mezcla sobre la superficie del pavimento, al no encontrar su lugar dentro del mismo.

Resulta entonces claro que mientras es deseable mantener el porcentaje de vacíos de aire tan bajo como sea posible para impedir la entrada de aire y agua, los pavimentos de concreto asfáltico deben diseñarse para contener un volumen de vacíos de aire suficiente al llegar a su densidad final bajo tráfico, de manera que no se ocasionen afloramientos o exudaciones.

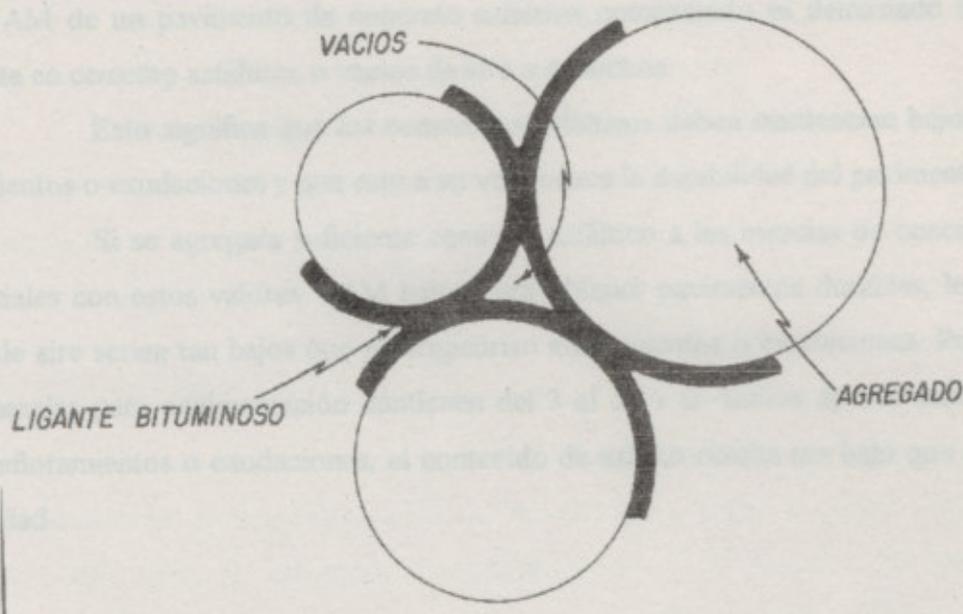


FIG 2. PROPIEDADES DE LOS VACIOS DE UNA MEZCLA BITUMINOSA COMPACTADA PARA PAVIMENTOS CUANDO EL AGREGADO NO ABSORBE ASFALTO.

4.6.2 SIGNIFICACION DE LAS EXIGENCIAS DEL VAM

Los vacíos en el agregado mineral, usualmente abreviado VAM, consisten en los espacios vacíos intergranulares entre las partículas de agregado de una mezcla para pavimentación compactada. Como existe una relación directa entre el valor VAM y la cantidad de ligante asfáltico que puede contener una mezcla de concreto asfáltico para pavimentación, sin aflorar o exudar, la durabilidad de un pavimento asfáltico está fuertemente influenciada por el valor VAM del pavimento luego de la compactación hasta su densidad final.

La vida útil de un pavimento con asfalto dosificado muy por defecto es en general muy corta. Además debido a su falta de cemento asfáltico, el pavimento se hará quebradizo y comenzará a destruirse seriamente en la primer época de servicio.

Una causa común de mezclas defectuosas en asfalto es la falta de suficiente espacio vacío entre las partículas de agregado de la mezcla compactada, o sea que los valores VAM son demasiados bajos. Para el buen diseño de la mezcla para pavimentación, debe haber suficiente espacio intergranular entre las partículas de agregado VAM del material bien compactado, más del 3 al 5 % de vacíos de aire, para impedir afloramiento o exudaciones, manteniendo el volumen de cemento asfáltico requerido por un pavimento durable. Cuando el valor VAM de un pavimento de concreto asfáltico compactado es demasiado bajo, este es deficiente en cemento asfáltico, o vacíos de aire o en ambos.

Esto significa que los contenidos asfálticos deben mantenerse bajos para evitar afloramientos o exudaciones y que esto a su vez reduce la durabilidad del pavimento.

Si se agregara suficiente cemento asfáltico a las mezclas de concreto asfáltico superficiales con estos valores VAM bajos para obtener pavimentos durables, los valores de vacíos de aire serían tan bajos que se originarían afloramientos o exudaciones. Por otra parte, estas mezclas para pavimentación contienen del 3 al 5 % de vacíos de aire para protegerlas contra afloramientos o exudaciones, el contenido de asfalto resulta tan bajo que afectaría a la durabilidad.

4.6.3 CURVAS DE GRADUACIÓN TEORICA WEYMOUTH O FULLER

Una solución ingenieril simple, pero muy básicas son las curvas de graduación teórica Weymouth o Fuller que tienden a dar valores VAM mínimos, resulta obvio que el valor VAM de una mezcla para pavimentación puede ser aumentado empleando una graduación hecha deliberadamente para desviarla de la correspondiente curva Weymouth o Fuller. Esto puede lograrse muy fácilmente cambiando las proporciones de los componentes de agregados gruesos y finos, restringiendo las fracciones que pasan el tamiz N° 200 a no más que lo indicado por la curva teórica citada, ya que la fracción menor que la N° 200 es un material de relleno de vacíos.

Si se aumenta la fracción de agregado grueso de la mezcla de agregado, la curva de graduación del agregado total se desviará hacia la derecha de la curva Weymouth o

Fuller. De esto resultarán empero, mezclas toscas que tenderán a segregarse y que no son fácilmente compactables. El aumento de la porción de agregado fino en la mezcla de agregados es la causa para que la curva de graduación del agregado total se desvíe a la izquierda de la curva Weymouth o Fuller. Cuando se mantienen dentro de límites razonables, estos cambios proporcionan normalmente mezclas para pavimentación muy trabajables.

Sin embargo, cuando es aumentada la porción de agregado fino, la estabilidad Marshall tiende a decrecer.

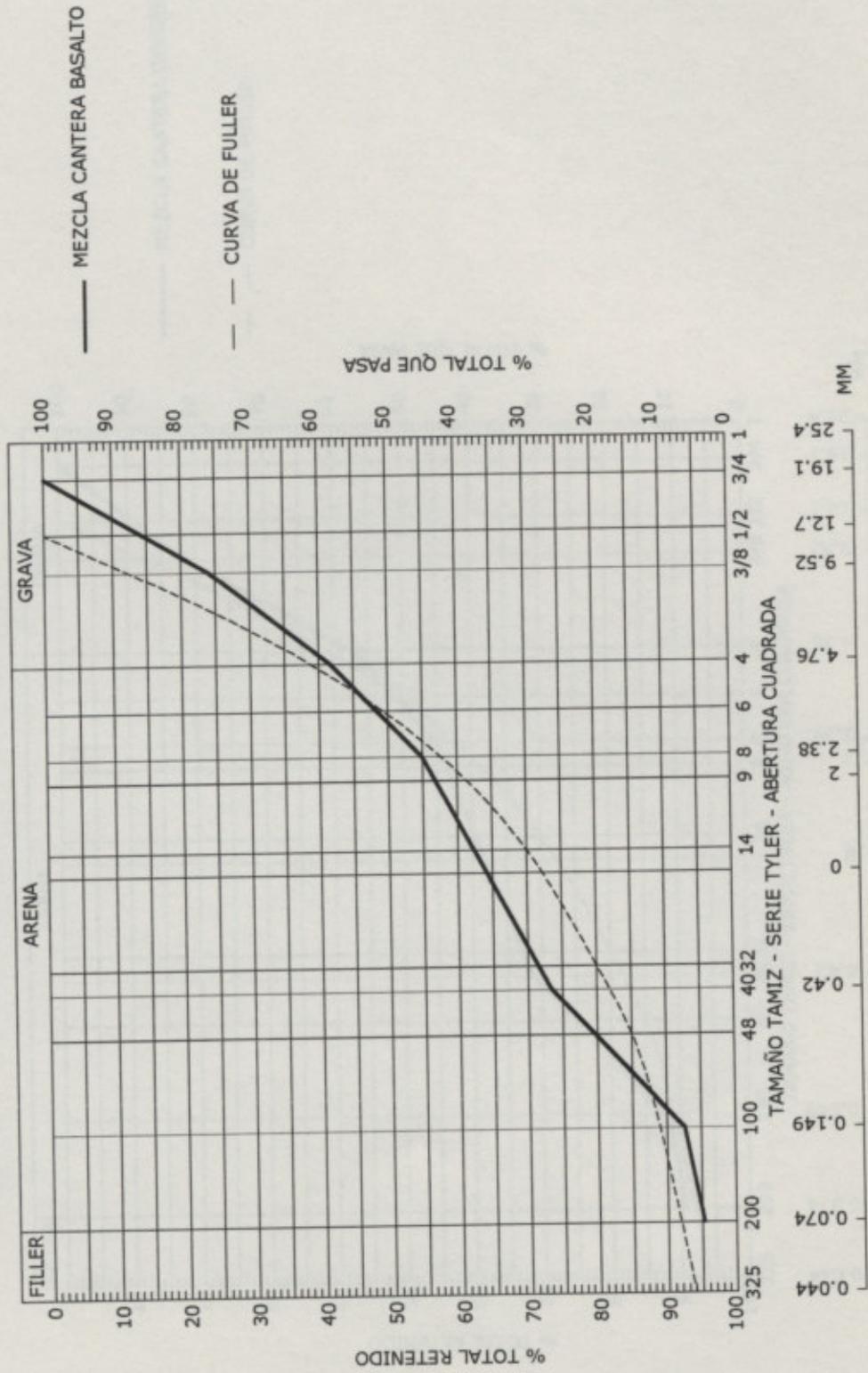
Esto demuestra que el criterio de diseño Marshall constituye en cierto modo un auto control. En este caso, no es posible aumentar indefinidamente el porcentaje de agregado fino, porque la mezcla de pavimentación no satisficaría la exigencia Marshall mínima para estabilidad de 600 Kg para tráfico pesado sobre carreteras rurales.

El filler mineral y el cemento asfáltico compiten por el espacio provisto por el valor VAM. Si el valor VAM de una mezcla de concreto asfáltico es casi extremo o muy bajo, un porcentaje mayor que pasa por el tamiz N° 200 reduce la cantidad de cemento asfáltico que puede ser incorporada y de esto puede resultar un comportamiento deficiente del pavimento.

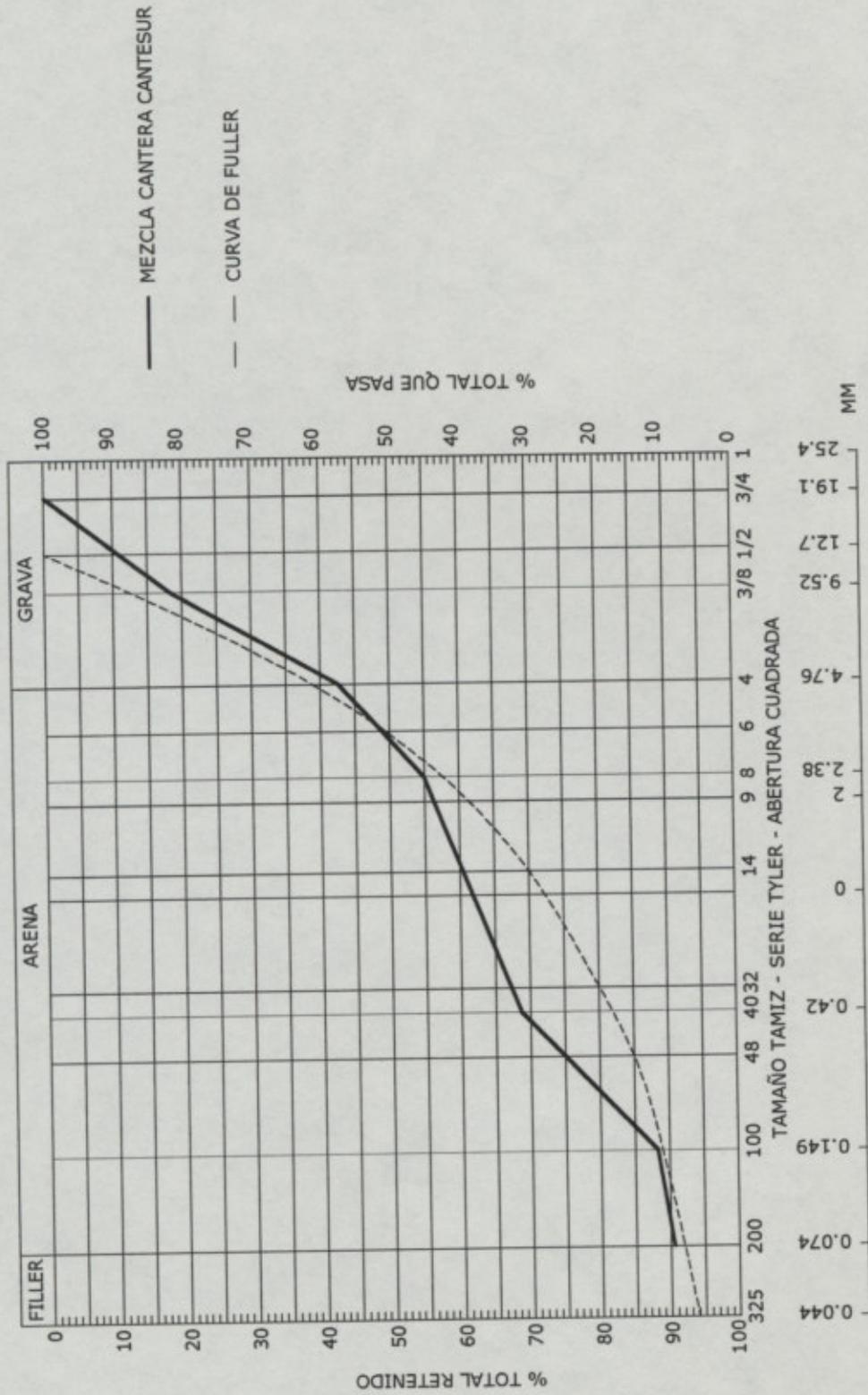
Si el valor VAM de una mezcla de concreto asfáltico para pavimentación es extraordinariamente alto y es causa de estabilidad baja y de valores de vacíos de aire elevados, como sucede en ocasiones, se encontrará que usualmente su curva de graduación se desvía demasiado de la correspondiente de Weymouth o Fuller y tendrá generalmente su concavidad hacia abajo. En este caso, se obtendrá un valor VAM menor si las proporciones en que se combinan los agregados gruesos y finos, son cambiadas para conseguir una curva de graduación que se aproxima a la curva Weymouth o Fuller.

4.6.4 RELACION ENTRE LAS CURVAS GRANULOMETRICAS DE LAS DISTINTAS MEZCLAS RESPECTO A LA CURVA DE FULLER.

CURVA DE GRADUACION DE LA MEZCLA
 RESPECTO A LA CURVA DE FULLER



CURVA DE GRADUACION DE LA MEZCLA
 RESPECTO A LA CURVA DE FULLER



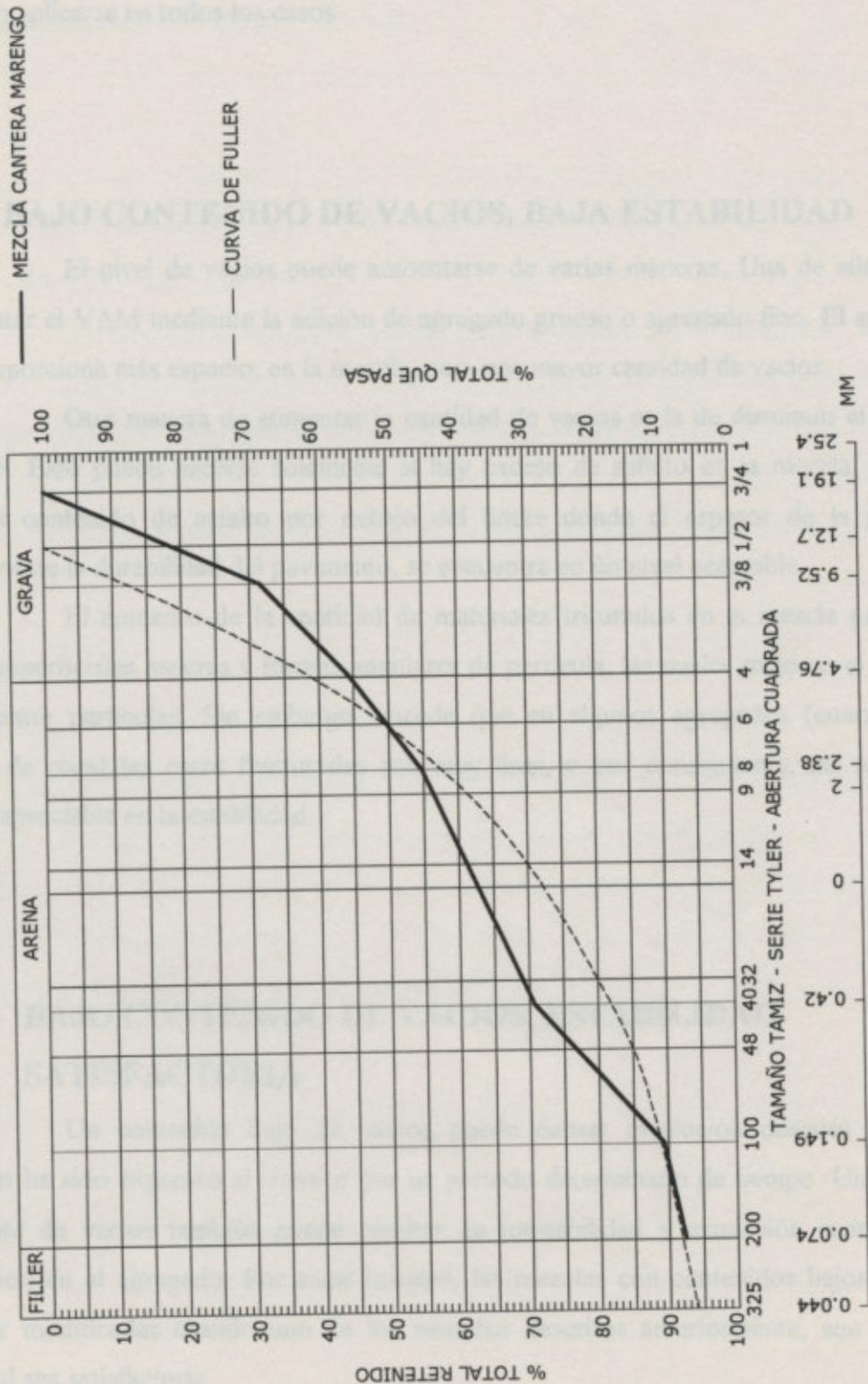
4.6.5 CORRECCION DE LA MEZCLA

A continuación se presenta una guía general para hacer ajustes en la mezcla de prueba y así poder cumplir con los criterios de diseño. El ensayado de esta sub-acción durante la construcción en la mezcla, que necesita ser corregida. Las sugerencias presentadas pueden aplicarse en todos los casos.

4.6.5.1 AJUSTO CONTRA UN ALTO CONTENIDO DE VACIOS, BAJA ESTABILIDAD

El nivel de vacíos puede aumentarse de varias maneras. Una de ellas consiste en aumentar el VAM mediante la adición de agregado grueso o agregado fino. El aumento de VAM proporciona más espacio en la mezcla para una mayor cantidad de vacíos.

CURVA DE GRADUACION DE LA MEZCLA RESPECTO A LA CURVA DE FULLER



4.6.5 CORRECCION DE LA MEZCLA

A continuación se presenta una guía general para hacer ajustes en la mezcla de prueba y así poder cumplir con los criterios de diseño. El encabezado de cada sub-sección describe la condición, en la mezcla, que necesita ser corregida. Las sugerencias enunciadas podrán no aplicarse en todos los casos.

4.6.5.1 BAJO CONTENIDO DE VACIOS, BAJA ESTABILIDAD

El nivel de vacíos puede aumentarse de varias maneras. Una de ellas consiste en aumentar el VAM mediante la adición de agregado grueso o agregado fino. El aumento de VAM proporciona más espacio, en la mezcla, para una mayor cantidad de vacíos.

Otra manera de aumentar la cantidad de vacíos es la de disminuir el contenido de asfalto. Esto puede hacerse solamente si hay exceso de asfalto en la mezcla, y si no se reduce el contenido de asfalto por debajo del límite donde el espesor de la película, y eventualmente la durabilidad del pavimento, se encuentra en un nivel aceptable.

El aumento de la cantidad de materiales triturados en la mezcla proporciona texturas superficiales ásperas y formas angulares de partícula, las cuales mejoran el VAM y la fricción entre partículas. Sin embargo, sucede que en algunos agregados (cuarzo y tipos similares de roca) las caras fracturadas son muy lisas, y por consiguiente, no se logra un aumento apreciable en la estabilidad.

4.6.5.2 BAJO CONTENIDO DE VACIOS, ESTABILIDAD SATISFACTORIA

Un contenido bajo de vacíos puede causar exudación después de que el pavimento ha sido expuesto al tránsito por un período determinado de tiempo. Un contenido insuficiente de vacíos también puede resultar en inestabilidad y exudación cuando ocurre degradación en el agregado. Por estar razones, las mezclas con contenidos bajos de vacíos deben ser modificadas usando uno de los métodos descritos anteriormente, aun cuando la estabilidad sea satisfactoria.

4.6.5.3 CONTENIDO SATISFACTORIO DE VACIOS, BAJA ESTABILIDAD

Una estabilidad baja, cuando los vacíos y la graduación del agregado son satisfactorios, puede indicar deficiencias en el agregado. Se deben considerar mejorar la calidad usando los pasos descritos en 4.6.5.1.

4.6.5.4 CONTENIDO ALTO DE VACIOS, ESTABILIDAD SATISFACTORIA

Los contenidos altos de vacíos están frecuentemente asociados, aunque no siempre, con altas permeabilidades. Por lo tanto, aun cuando la estabilidad de la mezcla sea satisfactoria, se debe disminuir el contenido excesivo de vacíos. Esto puede lograrse, usualmente, si se aumenta al contenido de polvo mineral en la mezcla. Sin embargo, en algunos casos, la graduación del agregado debe ser modificada para aumentar la densidad (disminuir los vacíos).

4.6.5.5 CONTENIDO ALTO DE VACIOS, BAJA ESTABILIDAD

Cuando el contenido de vacíos es alto y la estabilidad es baja, el contenido de vacíos debe ser disminuido usando los métodos descritos anteriormente. Si esta modificación no mejora ni el contenido de vacíos o la estabilidad, entonces se debe revisar el tipo de agregado usado de acuerdo a lo descrito en 4.6.5.1.

5. MÉTODO MARSHALL

GENERALIDADES

Los métodos de diseño y requisitos a cumplir forman una parte esencial de las especificaciones de construcción para todos los pavimentos asfálticos de tipo superior. Cualquiera sea el diseño de mezcla utilizado, ello constituye una parte de las especificaciones y no una "ley" por sobre las mismas.

El organismo o autoridad responsable de la construcción del pavimento generalmente establece el método y los requerimientos de diseño de la mezcla. Una vez que éstos han sido establecidos, comienza a ser responsabilidad del ingeniero y del técnico, el desarrollo del diseño de la mezcla dentro de las exigencias de las especificaciones.

Los métodos de diseño de mezclas de Marshall y Hveem han sido ampliamente usados, con resultados satisfactorios. Para cada método ha sido desarrollado un criterio correlacionando los resultados de los ensayos de laboratorio sobre mezclas para pavimentación compactadas con el comportamiento de las mismas bajo condiciones de servicio.

El método Marshall es aplicable a mezclas asfálticas en caliente para pavimentación que utilizan cemento asfáltico y agregados de granulometría cerrada o fina, con un tamaño máximo nominal de 25 mm (1") o menor. Se puede usar tanto para diseño de laboratorio como para el control de la mezcla durante la pavimentación. Los aspectos principales del ensayo son el análisis densidad-vacíos y el ensayo de estabilidad-fluencia, en muestras de mezclas asfálticas compactadas.

5.1 PARAMETROS FUNDAMENTALES DEL ENSAYO MARSHALL

5.1.1 ESTABILIDAD MARSHALL

Es la máxima carga en Kg que soporta una probeta de 63.5 mm y 101.6 mm de diámetro, al ser ensayada a una temperatura dada y cargándola en sentido diametral.

$$\text{Estabilidad} = L1 \cdot K1 \cdot K2$$

Donde L1 = Lectura del dial

K1 = Factor de equivalencia en Kg del aro

K2 = Factor de corrección de tabla

5.1.2 FLUENCIA MARSHALL

Es la deformación total expresada en mm, que experimenta la probeta desde el comienzo de la aplicación de la carga en el ensayo de estabilidad, hasta producirse la rotura de la misma.

5.1.3 DENSIDAD O PESO UNITARIO DE PROBETA

Es la relación entre el peso de la mezcla, compactada y el volumen de la misma, incluyendo los vacíos.

$$d = \frac{Ps}{Ph - Pi}$$

Donde d = densidad o peso unitario de la probeta

Ps = peso en aire de la probeta seca

Ph = peso en aire de la probeta saturada con agua

Pi = peso de la probeta sumergida en agua

5.1.4 VACIOS

Volumen de los espacios entre partículas de agregados recubiertos por asfalto, expresado en porcentaje del volumen total.

Expresado en porcentaje del volumen total. Indica la diferencia relativa entre la densidad teórica y la real para el estado de compactación alcanzado.

Se calcula por la fórmula:

$$V = 100 \left(1 - \frac{d}{DT} \right)$$

DT = densidad máxima teórica

5.1.5 VACIOS DE AGREGADO MINERAL

Expresado en porcentaje del volumen total. Representa el volumen de vacíos existentes en el agregado mineral el estado de densificación alcanzado. Parte del volumen de vacíos está ocupado por el C.A.

Se calcula por la fórmula:

$$VAM = V + (d \cdot CA)$$

CA = % de C. Asfáltico

5.1.6 RELACION BETUN - VACIOS

Expresa el porcentaje de los vacíos del agregado mineral ocupado por el C.A. en la mezcla compactada.

Se calcula como:

$$R.B.V. = 100 \cdot d \cdot CA$$

5.2 ESQUEMA DEL METODO VAM

Antes de la preparación de las muestras de ensayo se requiere:

Estas son las características de una mezcla que deberemos determinar por medio del ensayo Marshall.

5.2 ¿QUÉ NOS BRINDA EL METODO MARSHALL?

Definidas las características de la mezcla, conviene aclarar que nos brinda el Método Marshall. Para una mezcla de áridos, que cumpla una especificación granulométrica determinada, según sea usada para base o carpeta y según el tránsito que la solicitará nos permitirá determinar el porcentaje óptimo de cemento asfáltico. La energía de compactación de acuerdo al tránsito será de 75 golpes normalizados por cara para tránsito pesado.

El porcentaje de C.A. elegido será el que nos dé una mayor densidad o peso unitario de mezcla compactada, es decir la densidad máxima que se obtendrá en servicio, después de la compactación en la etapa constructiva y la producida por el tránsito.

Es también el porcentaje que corresponde a una máxima estabilidad y con un porcentaje de vacíos que representa el valor medio de los determinados en las especificaciones para el concreto asfáltico en estudio.

Determinado el promedio de estos tres porcentajes de C.A., se verifica si con dicho por ciento el valor de fluencia cae dentro de los límites establecidos y también el VAM.

Por medio del ensayo Marshall, podemos controlar la calidad de la producción diaria de la mezcla, preparada por la planta asfáltica. Con el ensayo obtenemos valores de los distintos parámetros, los cuales deben compararse con las especificaciones exigidas.

Lo ideal en la dosificación de una mezcla es la solución técnico-económico, es decir que se obtenga una mezcla que cumpliendo con las especificaciones, permita usar los materiales ocales o aquellos cuya distancia de transporte sea mínima; que sea compactable con el equipo disponible y que su comportamiento bajo carga revele una relación estabilidad-fluencia estable para el tipo de tránsito que la solicite.

Debemos tener en cuenta que la estabilidad crece marcadamente al reducirse la temperatura debido a la susceptibilidad térmica del asfalto. Como la fluencia no es susceptible a los cambios de temperatura la relación estabilidad-fluencia crece en el mismo orden que la primera al disminuir la temperatura.

5.3 ESQUEMA DEL METODO

Antes de la preparación de las muestras de ensayo se requiere:

1. Que los materiales cumplan con las especificaciones del proyecto.
2. Que la combinación de agregados cumpla con las exigencias de granulometría de las especificaciones del proyecto.
3. Que los pesos específicos de todos los materiales usados en el diseño de la mezcla sean conocidos o determinados.

El método Marshall de diseño de mezclas asfálticas, consiste en:

- a) Preparación de las muestras.
- b) Determinación del peso específico.
- c) Ensayos de Estabilidad y Fluencia.
- d) Análisis densidad-vacíos.

5.4 DESCRIPCION DEL METODO MARSHALL

A continuación se presenta una descripción general de los procedimientos seguidos en el Diseño Marshall de Mezclas. El procedimiento completo y detallado que debe ser seguido se encuentra en la norma AASHTO T 245 o Norma Vialidad Nacional – E9 –86.

5.4.1 PREPARACION PARA EFECTUAR LOS PROCEDIMIENTOS MARSHALL

Como ya se discutió en los Capítulos de Materiales, diferentes agregados y asfaltos presentan diferentes características. Estas características tienen un impacto directo sobre la naturaleza misma del pavimento. El primer paso en el método de diseño, entonces, es determinar las cualidades (estabilidad, durabilidad, trabajabilidad, resistencia al deslizamiento, etc) que debe tener la mezcla de pavimentación, y seleccionar un tipo de agregado y un tipo compatible de asfalto que puedan combinarse para producir esas cualidades. Una vez hecho esto, se puede empezar con la preparación de los ensayos.

5.4.1.1 SELECCIÓN DE LAS MUESTRAS DE MATERIAL

La primera preparación para los ensayos consta de reunir muestras de asfalto y del agregado que van a ser usados en la mezcla de pavimentación. Es importante que las muestras de asfalto tengan características idénticas a las del asfalto que va a ser usado en la mezcla final. Lo mismo debe ocurrir con las muestras de agregado. La razón es simple: los datos extraídos de los procedimientos de diseño de mezclas determinan la fórmula o “receta” para la mezcla de pavimentación. La receta será exacta solamente si los ingredientes ensayados en el laboratorio tienen características idénticas a los ingredientes usados en el producto final.

Una amplia variedad de problemas graves, que van desde una mala trabajabilidad de la mezcla hasta una falla prematura del pavimento, son el resultado histórico de variaciones ocurridas entre los materiales ensayados en el laboratorio y los materiales usados en la realidad.

5.4.1.2 PREPARACION DEL AGREGADO

La relación viscosidad-temperatura del cemento asfáltico que va a ser usado debe ser ya conocida para poder establecer las temperaturas de mezclado y compactación en el laboratorio. En consecuencia, los procedimientos preliminares se enfocan hacia el agregado, con el propósito de identificar exactamente sus características. Estos procedimientos incluyen secar el agregado, determinar su peso específico, y efectuar un análisis granulométrico por lavado.

5.4.1.3 PREPARACION DE LAS MUESTRAS (PROBETAS) DE ENSAYO

Las probetas de ensayo de las posibles mezclas de pavimentación son preparadas haciendo que cada una contenga una ligera cantidad diferente de asfalto. El

margen de contenidos de asfalto. La proporción de agregado en las mezclas está formulada por los resultados del análisis granulométrico.

Las muestras son preparadas de la siguiente manera:

1. El asfalto y el agregado se calientan y mezclan completamente hasta que todas las partículas de agregado estén revestidas. Esto simula los procesos de calentamiento y mezclado que ocurren en la planta.
2. Las mezclas asfálticas calientes se colocan en los moldes precalentados Marshall como preparación para la compactación, en donde se usa el martillo Marshall de compactación, el cual también es calentado para que no enfríe la superficie de la mezcla al golpearla.
3. Las probetas son compactadas mediante golpes del martillo Marshall de compactación. El número de golpes del martillo (35, 50 o 75) depende de la cantidad de tránsito para la cual la mezcla esta siendo diseñada. Ambas caras de cada probeta reciben el mismo número de golpes. Así, una probeta Marshall de 75 golpes recibe, realmente, un total de 150 golpes. Después de completar la compactación las probetas son enfriadas y extraídas de los moldes.

5.5 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.4.2 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO MARSHALL

Existen tres procedimientos en el método del ensayo Marshall. Estos son: determinación del peso específico total, medición de la estabilidad y la fluencia Marshall, y análisis de la densidad y el contenido de vacíos de las probetas.

5.4.2.1 DETERMINACION DE LA DENSIDAD O PESO UNITARIO DE PROBETA

El peso específico total (Norma de ensayo VN – E12-67) de cada probeta se determina tan pronto como las probetas recién compactadas se hayan enfriado a la temperatura ambiente. Esta medición de peso específico es esencial para un análisis preciso de densidad-vacíos.

5.4.2.2 ENSAYOS DE ESTABILIDAD Y FLUENCIA

El procedimiento de los ensayos es el siguiente:

1. Las probetas son calentadas en un baño de agua a 60° C. Esta temperatura representa, normalmente, la temperatura más caliente que un pavimento en servicio va a experimentar.
2. La probeta es removida del baño, secada, y colocada rápidamente en el aparato Marshall. El aparato consiste de un dispositivo que aplica una carga sobre la probeta, y de unos medidores de carga y deformación (fluencia).
3. La carga del ensayo es aplicada a la probeta a una velocidad constante de 51 mm (2 pulgadas) por minuto hasta que la muestra falle. La falla esta definida como la carga máxima que la probeta puede resistir.
4. La carga de falla se registra como el valor de estabilidad Marshall y la lectura del medidor de fluencia se registra como la fluencia.

5.5 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Se trazan los resultados del ensayo Marshall en gráficas, para poder entender las características particulares de cada probeta usada en la serie. Mediante el estudio de las gráficas se puede determinar cual probeta, de la serie, cumple mejor los criterios establecidos para el pavimento terminado. Las proporciones de asfalto y agregado en esta probeta se convierten en las proporciones usadas en la mezcla final.

6. METODO MARSHALL PARA ASFALTOS TRADICIONALES Y MODIFICADOS

GENERALIDADES

Tanto los ensayos para los distintos tipos de asfalto, como así también para los distintos agregados, han sido explicados y desarrollados en las unidades correspondientes. Cumpliendo en todos los casos con las especificaciones dispuestas por Vialidad Nacional.

A continuación se dan ciertos requisitos a tener en cuenta en la preparación de la probeta Marshall:

- El C.A se calienta durante 40 minutos aproximadamente entre los 130 °C y 150 °C, según el tipo de C.A o a la temperatura recomendada por el fabricante.
- Se calientan los minerales a una temperatura igual a la que se usa para el C.A. más 15 °C durante dos horas como mínimo.
- Se calientan los moldes y zapatas de compactación por lo menos 30 minutos a una temperatura entre 150 °C y 170 °C.
- Por último se procede a la elaboración, compactación y ensayo como se describió en la unidad anterior.

6.1 VALORES DE ASFALTOS PROCEDENTES DE PECOM Y AGREGADOS DE DISTINTAS CANTERAS

6.1.1 CANTERA BASALTO

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: PECOM

ORIGEN DE LOS ÁRIDOS : CANTERA BASALTO- RIO III -CÓRDOBA

FILLER: CEMENTO

CONTROL DE PROBETAS

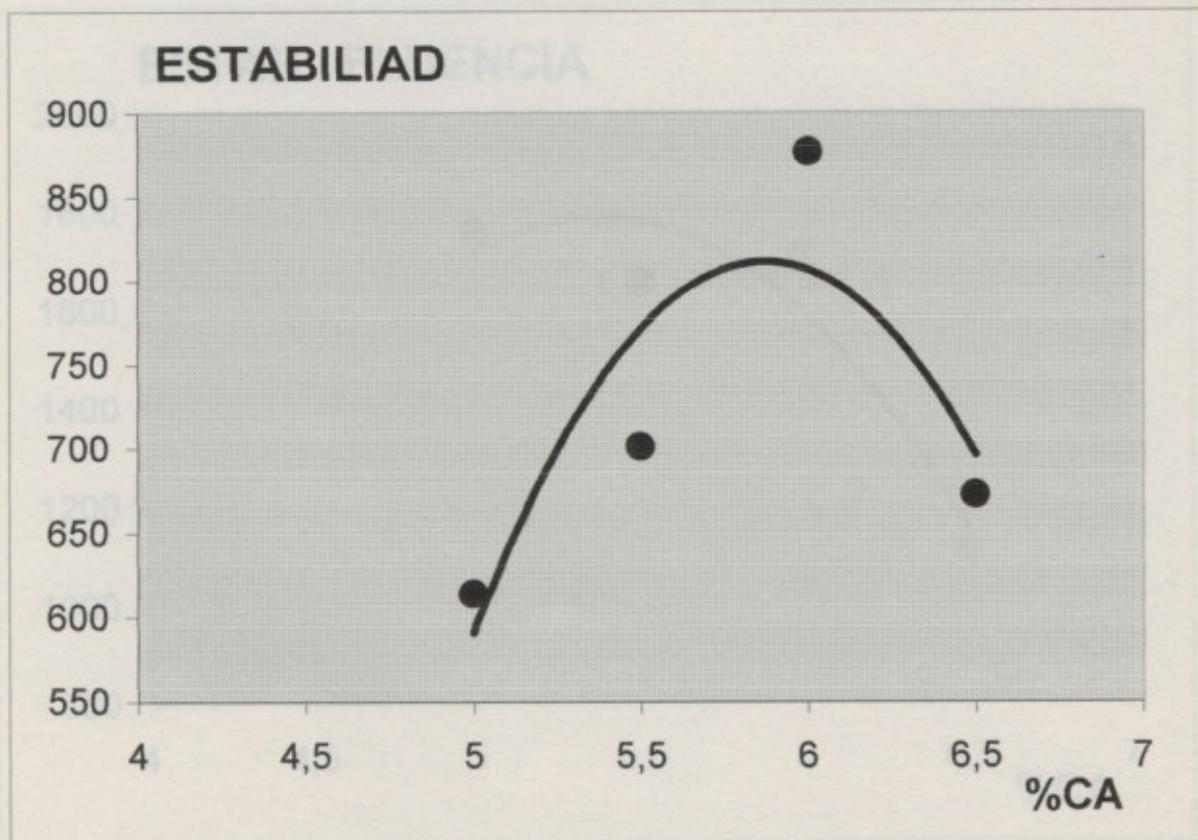
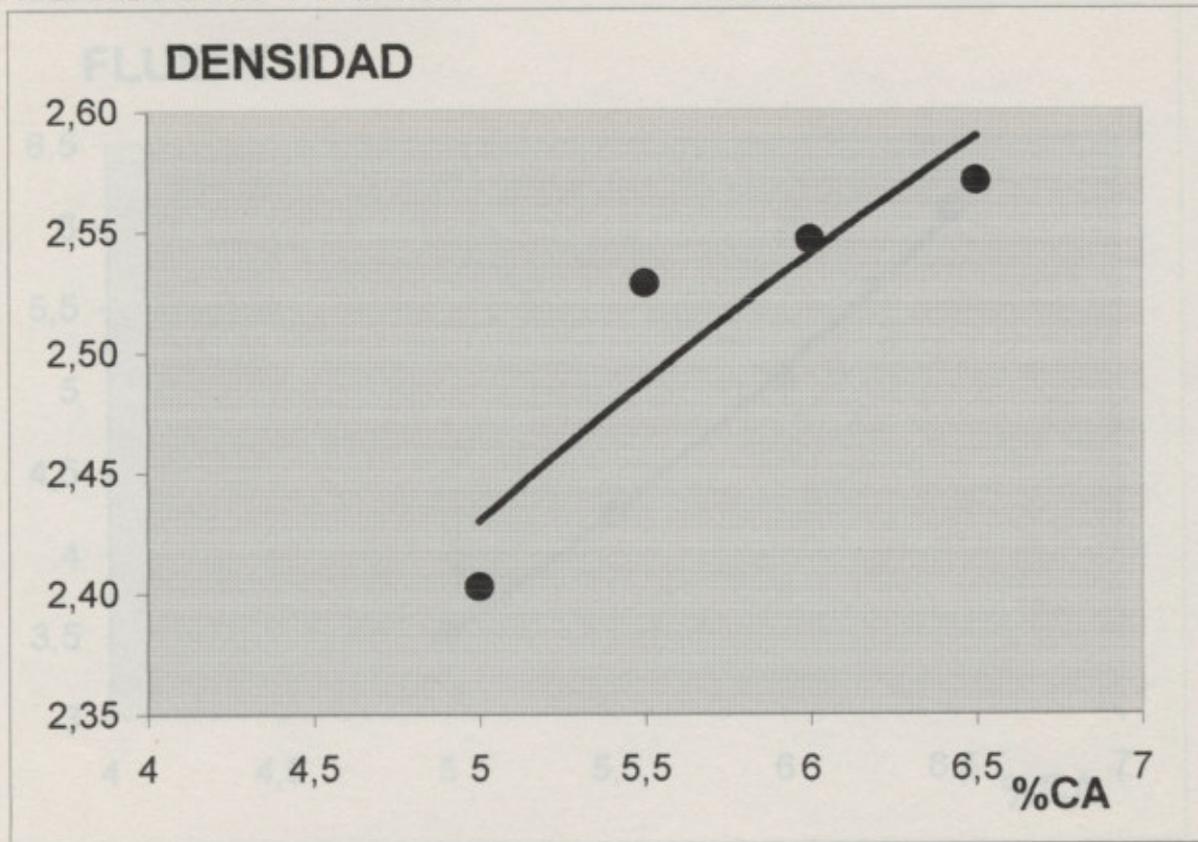
Probeta N°	Mezcla %	Tipo Asf.	Asf. %	Asf. Peso	Peso Seco	Peso Sat.	Peso Sum.	Volumen	Densidad	
									Marshall	Prom.
1a	43/38/14/5	70/100	5	60	1189,00	1193,92	701,56	492,36	2,41	2,40
1b	43/38/14/5	70/100	5	60	1199,72	1204,99	702,18	502,81	2,39	
1c	43/38/14/5	70/100	5	60	1203,39	1207,39	707,62	499,77	2,41	
2a	43/38/14/5	70/100	5,5	66	1188,48	1192,54	726,82	465,72	2,55	2,53
2b	43/38/14/5	70/100	5,5	66	1195,24	1198,86	726,80	472,06	2,53	
2c	43/38/14/5	70/100	5,5	66	1188,53	1192,05	716,82	475,23	2,50	
3a	43/38/14/5	70/100	6	72	1190,88	1192,64	721,02	471,62	2,53	2,55
3b	43/38/14/5	70/100	6	72	1193,74	1195,56	726,84	468,72	2,55	
3c	43/38/14/5	70/100	6	72	1194,14	1196,16	731,05	465,11	2,57	
4a	43/38/14/5	70/100	6,5	78	1190,81	1196,92	749,84	447,08	2,66	2,57
4b	43/38/14/5	70/100	6,5	78	1193,85	1197,94	720,89	477,05	2,50	
4c	43/38/14/5	70/100	6,5	78	1204,68	1207,66	734,59	473,07	2,55	

Probeta N°	Altura Probeta	Lectura Div/Carga	Lectura Div/Fluen	Factor Aro	Factor Corr x Alt.	Estabilidad		Fluencia mm.	Estab/ fluen.
						Kg.	Prom.		
1a	62,3	76	310	8,52	1,03	666,95	614,29	3,10	1755,12
1b	63,8	68	460	8,52	0,99	573,57		4,60	
1c	63,3	70	280	8,52	1,01	602,36		2,80	
2a	61,8	85	460	8,52	1,03	745,93	701,31	4,60	1654,032
2b	62,6	77	383	8,52	1,04	682,28		3,83	
2c	61,8	77	429	8,52	1,03	675,72		4,29	
3a	62,0	71	487	8,52	1,04	629,12	876,76	4,87	1741,917
3b	61,8	112	520	8,52	1,02	973,32		5,20	
3c	62,1	116	503	8,52	1,04	1027,85		5,03	
4a	64,0	82	580	8,52	0,99	691,65	672,99	5,80	1110,552
4b	64,8	81	623	8,52	0,97	669,42		6,23	
4c	63,7	78	615	8,52	0,99	657,91		6,15	

Dt	Asf. %	Vacios %	VAM %	RBV %
2,6	5	7,58	19,59	61,32
	5,5	2,76	16,66	83,45
	6	2,06	17,34	88,12
	6,5	1,12	17,83	93,72

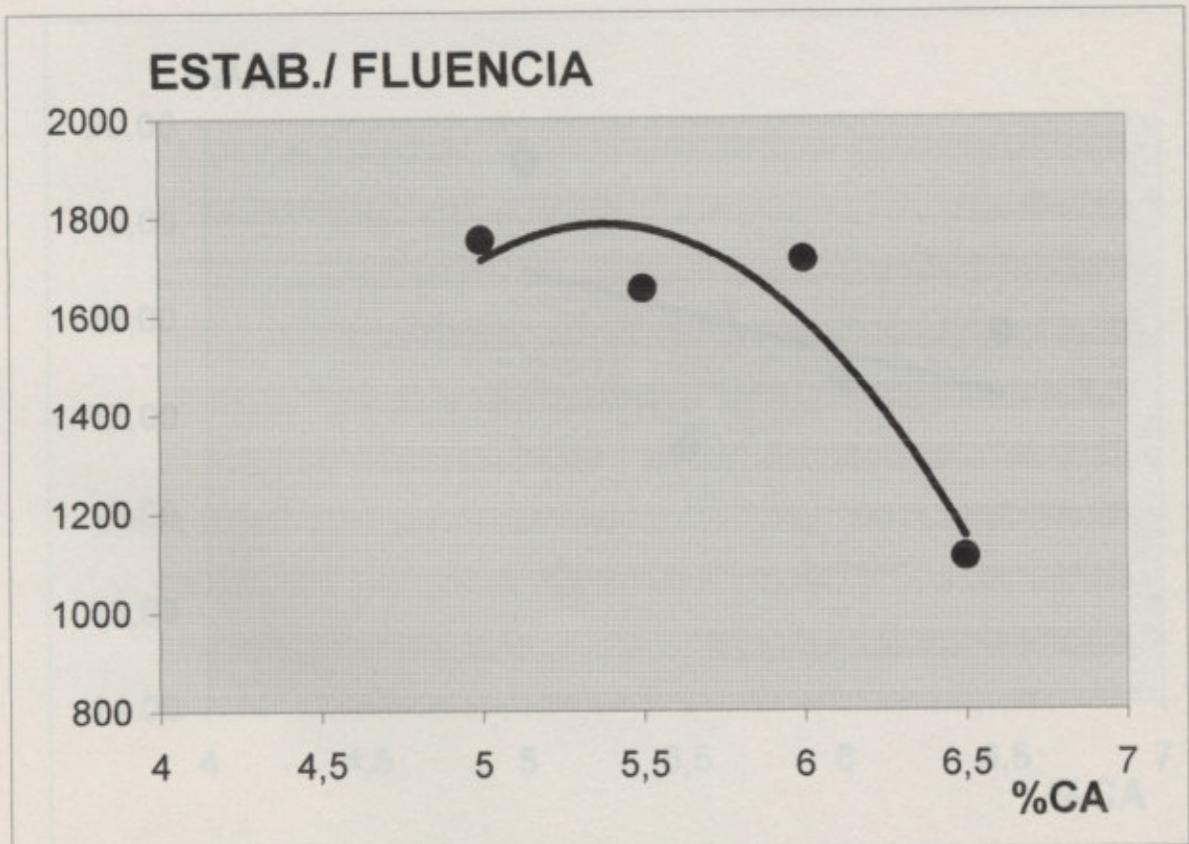
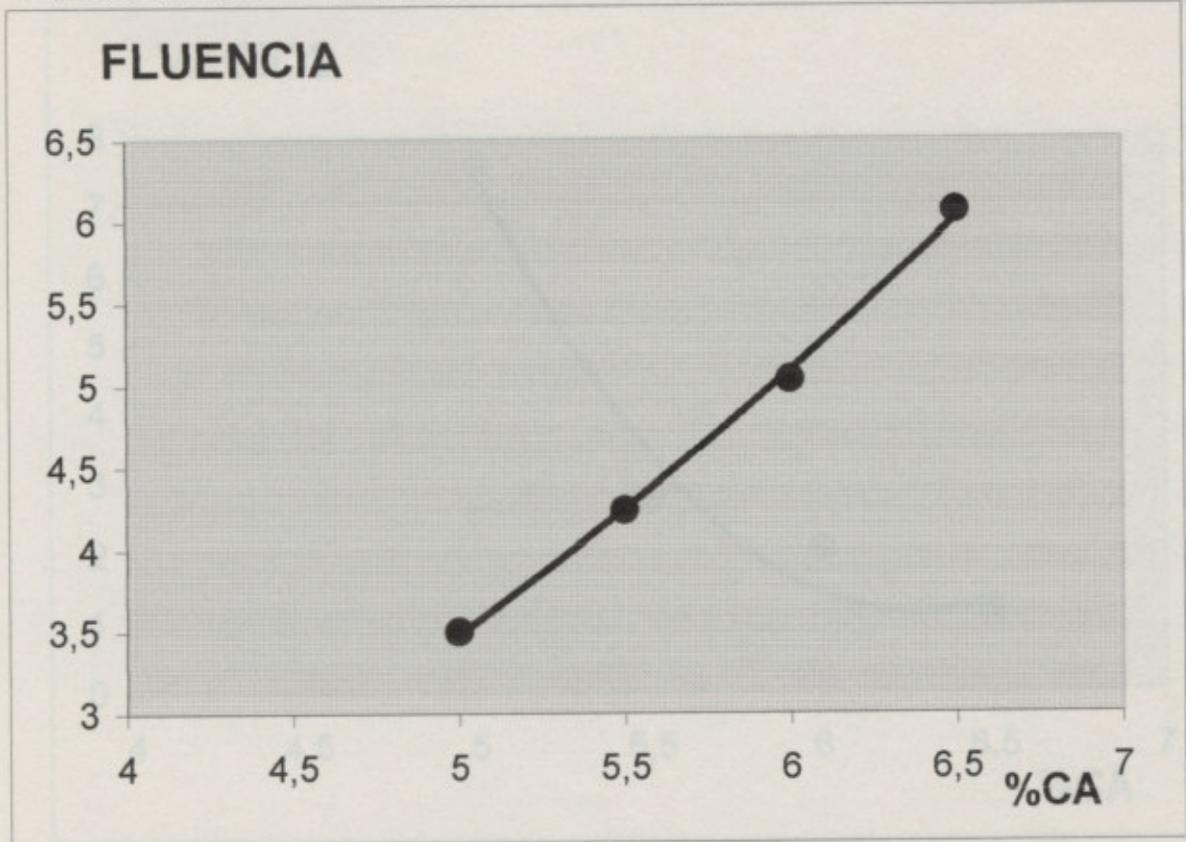
PECOMASF. 70/100

BASALTO



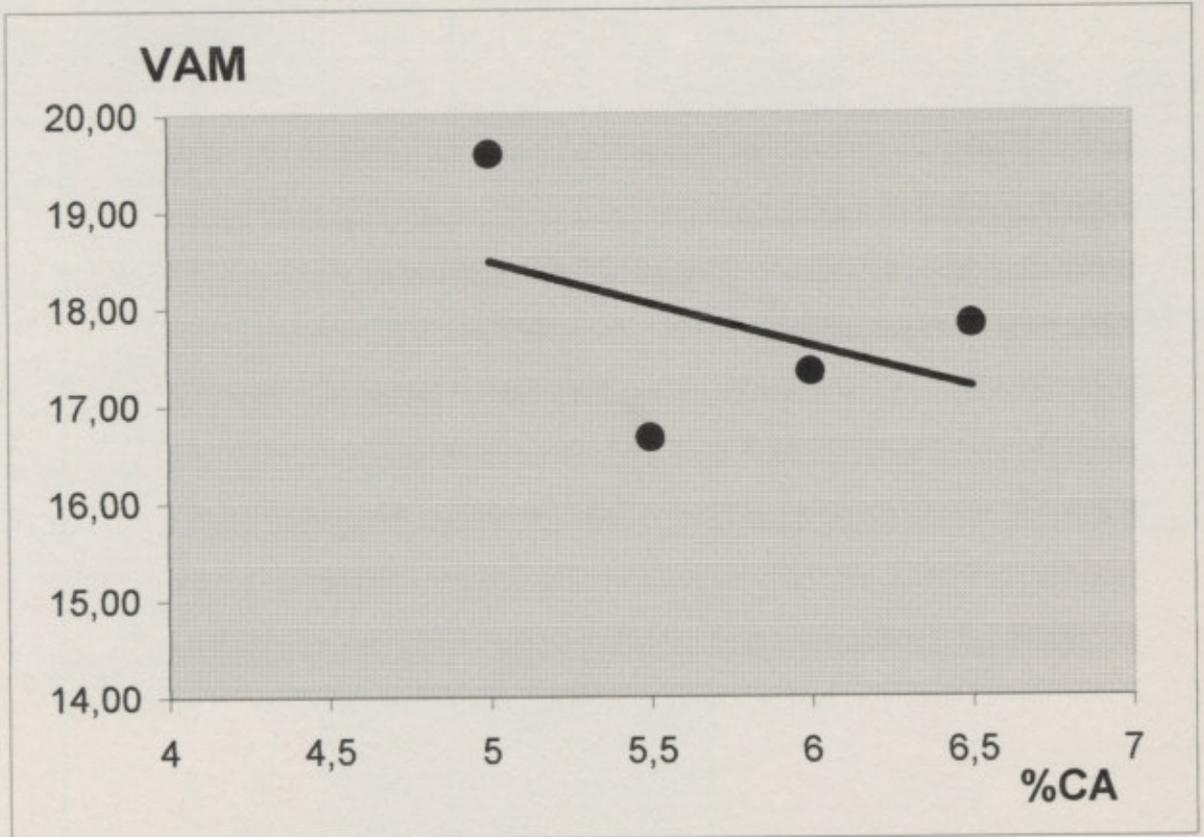
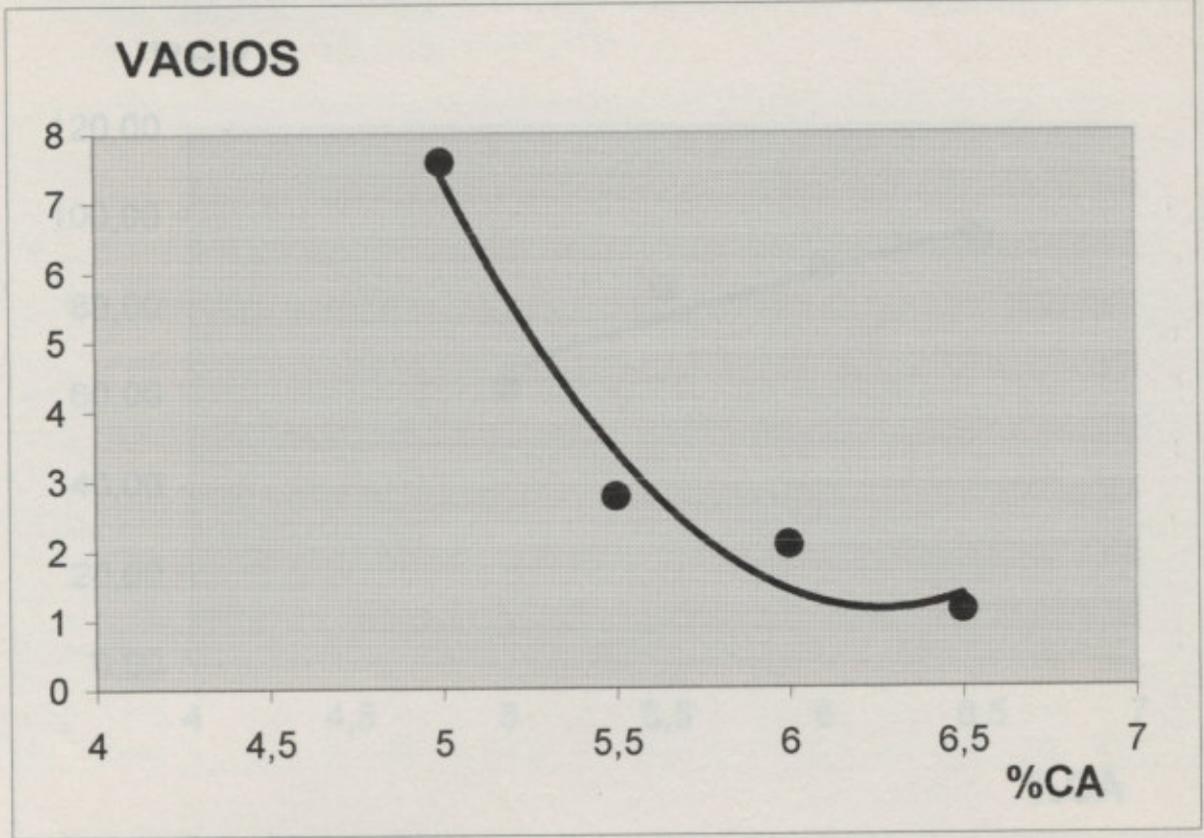
PECOM ASF. 70/100

BASALTO



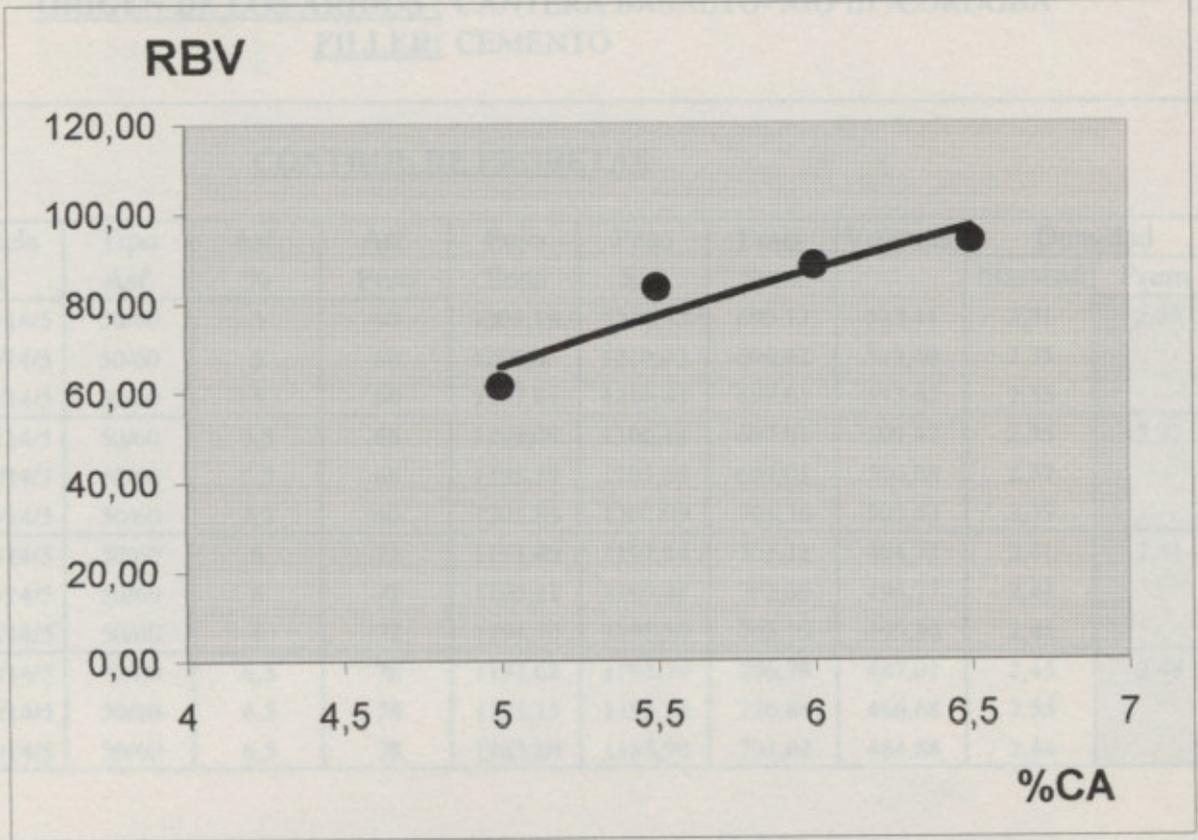
PECOMASF. 70/100

BASALTO



PECOMASF. 70/100

BASALTO



Prueba Nº	Alug. Probeta	Temper. Des/Carga	Temper. Des/Desp	Peso Prob	Peso Carg. a 1h	Extracción Kg	Fluencia Prom	Fluencia mm	Fluencia Prom	Estab. (hor)
14	43,76	75,00	300,00	8,52	1,04	540,67	2,27	3,20	2,23	200,00
15	43,76	81,00	310,00	8,52	1,03	618,21	2,27	3,10		
16	43,76	87,00	340,00	8,52	1,01	708,55	2,27	3,40		
20	43,76	75	307	8,52	0,97	410,95	2,27	3,07	2,10	200,00
26	43,76	77	336	8,52	0,94	442,90	2,27	3,30		
27	43,76	81	338	8,52	0,99	700,09	2,27	3,35		
28	43,76	86	472	8,52	0,98	814,30	2,27	4,72	4,36	200,00
29	43,76	115	403	8,52	1,01	909,20	2,27	4,05		
30	43,76	102	430	8,52	1,02	850,47	2,27	4,3		
34	43,76	100	422	8,52	1,04	886,76	2,27	5,22	4,64	200,00
36	43,76	99	619	8,52	1,02	818,90	2,27	6,19		
37	43,76	81	330	8,52	1,05	734,65	2,27	3,50		

DA	Ad	Viscos	VAM	RBV
	%	%	%	%
2,5	1	1,40	20,15	70,25
	3,5	2,15	27,05	72,9
	6	2,62	37,85	72,55
	6,5	3,20	47,65	50,45

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: PECOM

ORIGEN DE LOS ÁRIDOS : CANTERA BASALTO- RIO III -CÓRDOBA

FILLER: CEMENTO

CONTROL DE PROBETAS

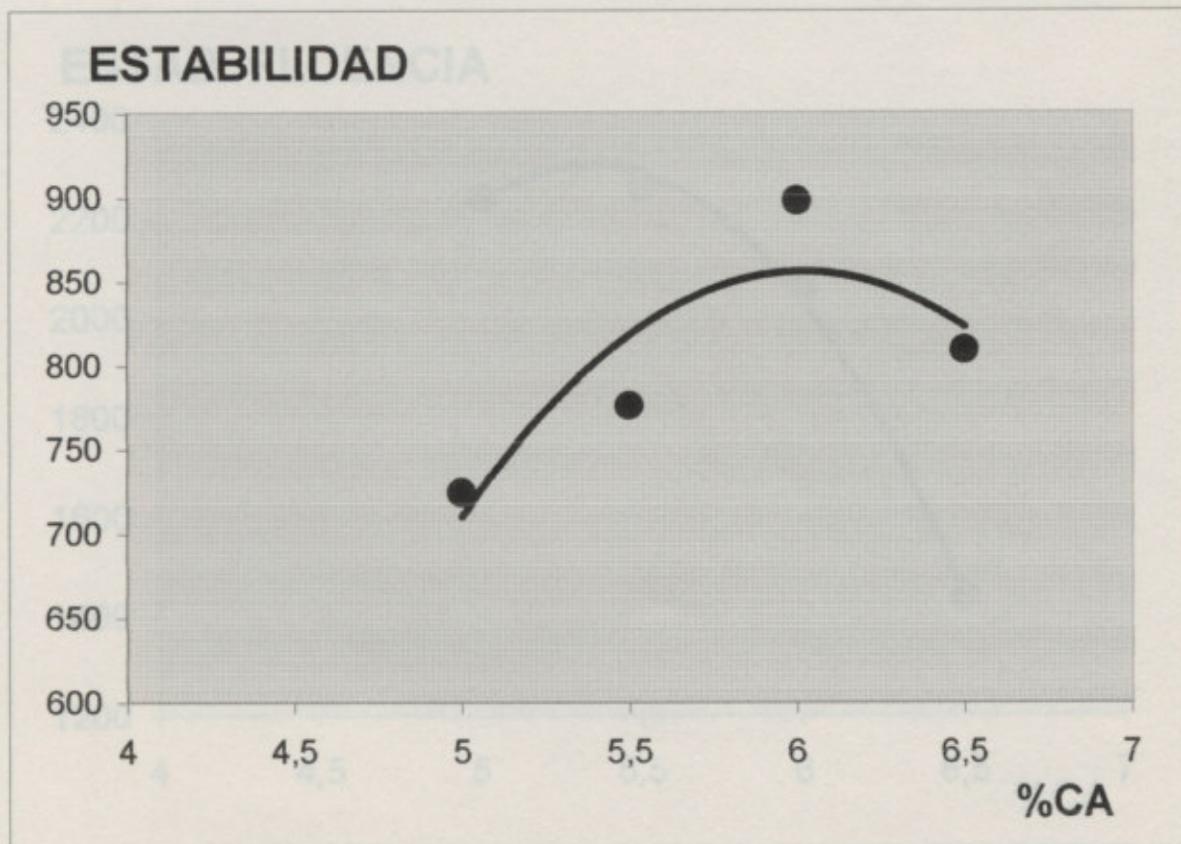
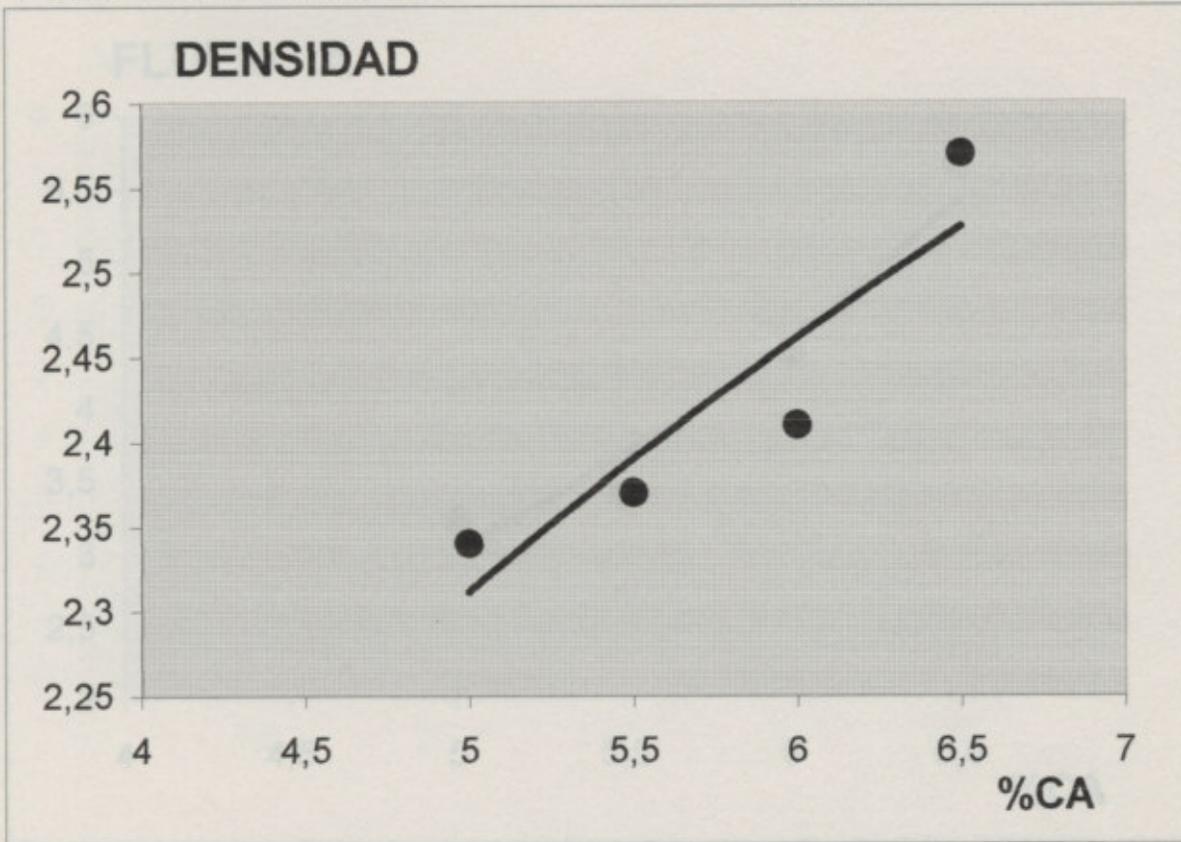
Probeta N°	Mezcla %	Tipo Asf.	Asf. %	Asf. Peso	Peso Seco	Peso Sat.	Peso Sum.	Volumen	Densidad	
									Marshall	Prom.
1a	43/38/14/5	50/60	5	60	1209,18	1212,53	690,12	522,41	2,31	2,34
1b	43/38/14/5	50/60	5	60	1205,63	1210,02	696,42	513,60	2,35	
1c	43/38/14/5	50/60	5	60	1207,81	1210,63	697,01	513,62	2,35	
2a	43/38/14/5	50/60	5,5	66	1199,08	1206,48	697,01	509,47	2,35	2,37
2b	43/38/14/5	50/60	5,5	66	1198,59	1203,09	697,01	506,08	2,37	
2c	43/38/14/5	50/60	5,5	66	1201,83	1207,09	704,56	502,53	2,39	
2a	43/38/14/5	50/60	6	72	1193,40	1197,14	702,41	494,73	2,41	2,41
2b	43/38/14/5	50/60	6	72	1195,11	1199,46	702,69	496,77	2,41	
2c	43/38/14/5	50/60	6	72	1194,30	1198,50	703,10	495,40	2,41	
3a	43/38/14/5	50/60	6,5	78	1191,68	1193,79	706,78	487,01	2,45	2,48
3b	43/38/14/5	50/60	6,5	78	1191,15	1193,52	726,84	466,68	2,55	
3c	43/38/14/5	50/60	6,5	78	1183,80	1185,90	701,02	484,88	2,44	

Probeta N°	Altura Probeta	Lectura Div/Carga	Lectura Div/Fluen	Factor Aro	Factor Corr x Alt.	Estabilidad		Fluencia		Estab/ fluen.
						Kg.	Prom.	mm.	Prom.	
1a	62,35	73,00	320,00	8,52	1,03	640,62	724,41	3,20	3,23	2240,45
1b	62,95	93,00	310,00	8,52	1,02	808,21		3,10		
1c	63,00	87,00	340,00	8,52	1,01	748,65		3,40		
2a	64,97	75	307	8,52	0,97	619,83	776,19	3,07	3,40	2280,66
2b	64,4	77	376	8,52	0,98	642,92		3,76		
2c	64,03	83	338	8,52	0,99	700,09		3,38		
2a	64,45	98	472	8,52	0,98	818,26	898,09	4,72	4,36	2061,42
2b	63,15	115	405	8,52	1,01	989,60		4,05		
2c	62,85	102	430	8,52	1,02	886,42		4,3		
3a	62,00	100	522	8,52	1,04	886,08	809,20	5,22	5,64	1435,60
3b	62,70	94	619	8,52	1,02	816,90		6,19		
3c	61,60	81	550	8,52	1,05	724,63		5,50		

Dt	Asf. %	Vacios %	VAM %	RBV %
2,5	5	6,49	18,19	64,26
	5,5	5,15	17,86	73,02
	6	3,62	17,56	82,33
	6,5	0,79	17,63	91,44

PECOM ASF. 50/60

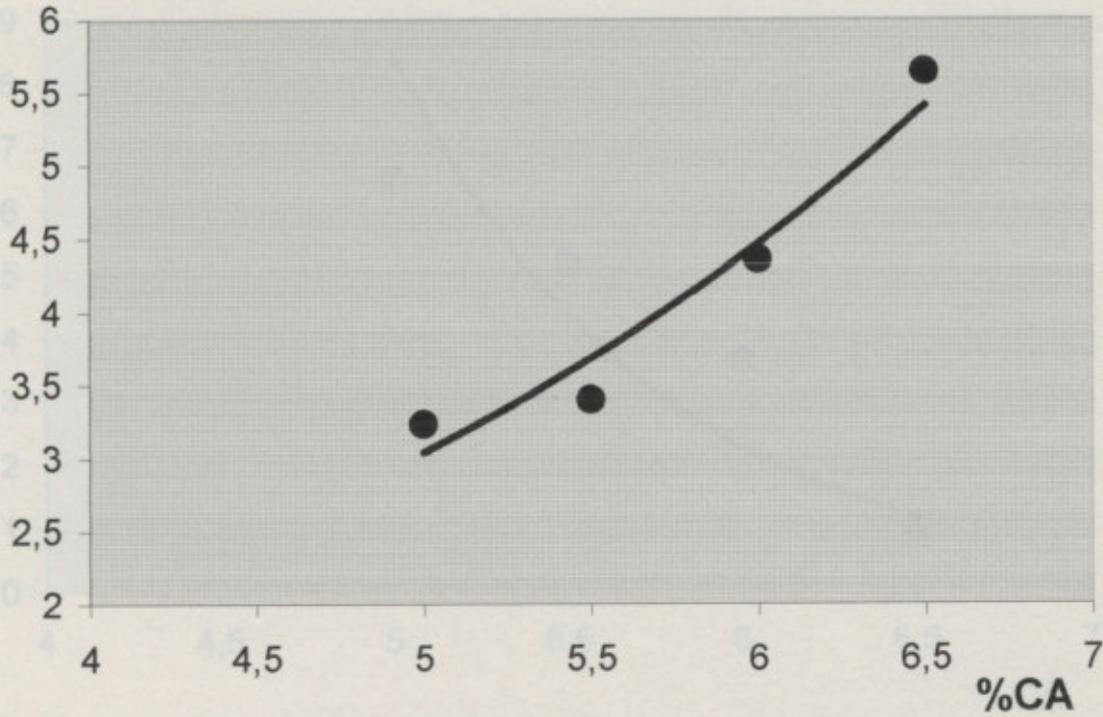
BASALTO



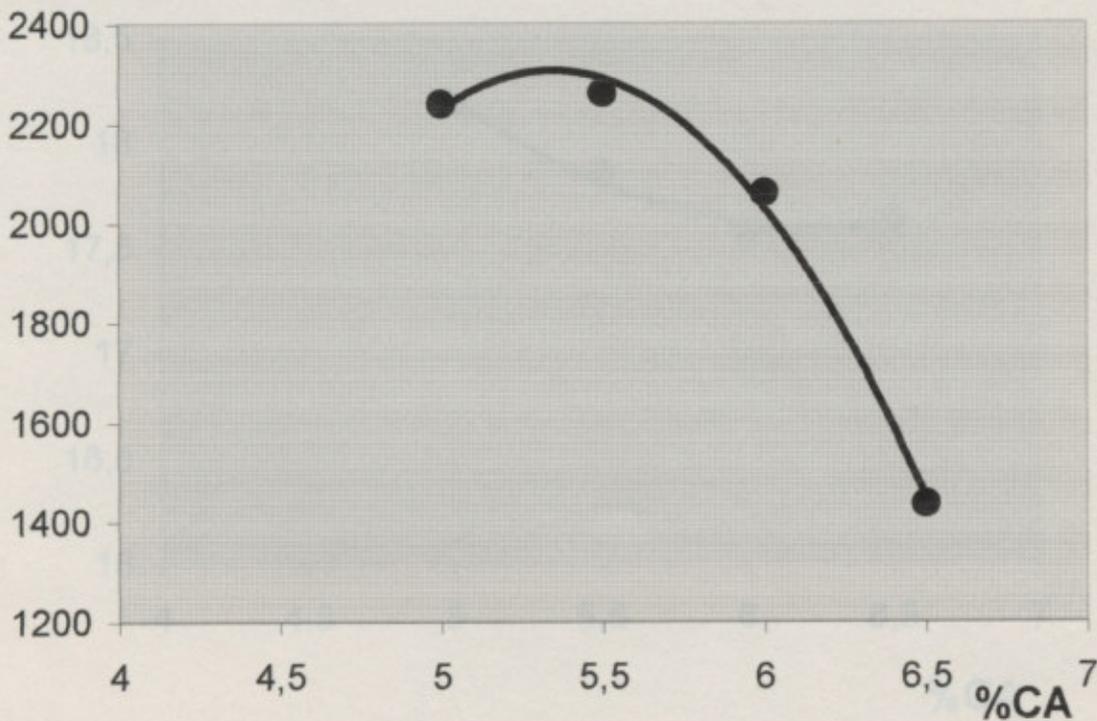
PECOM ASF. 50/60

BASALTO

FLUENCIA

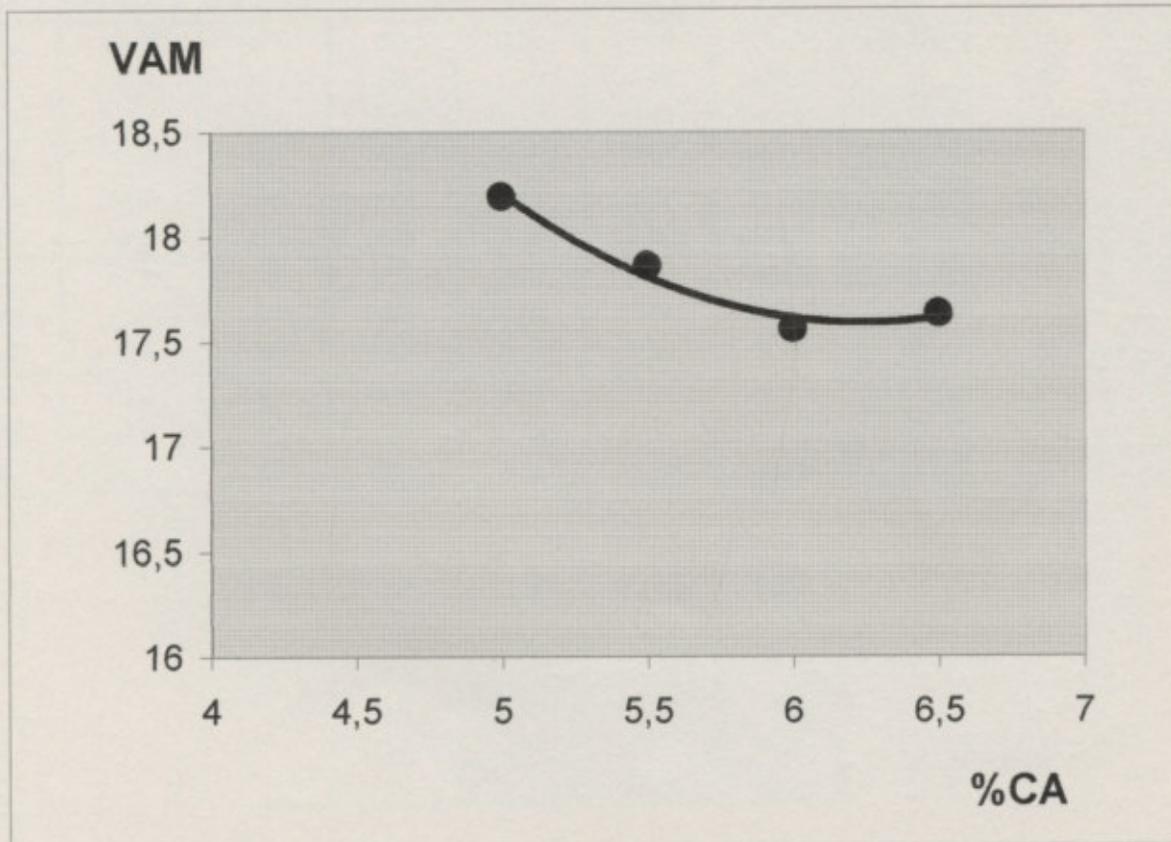
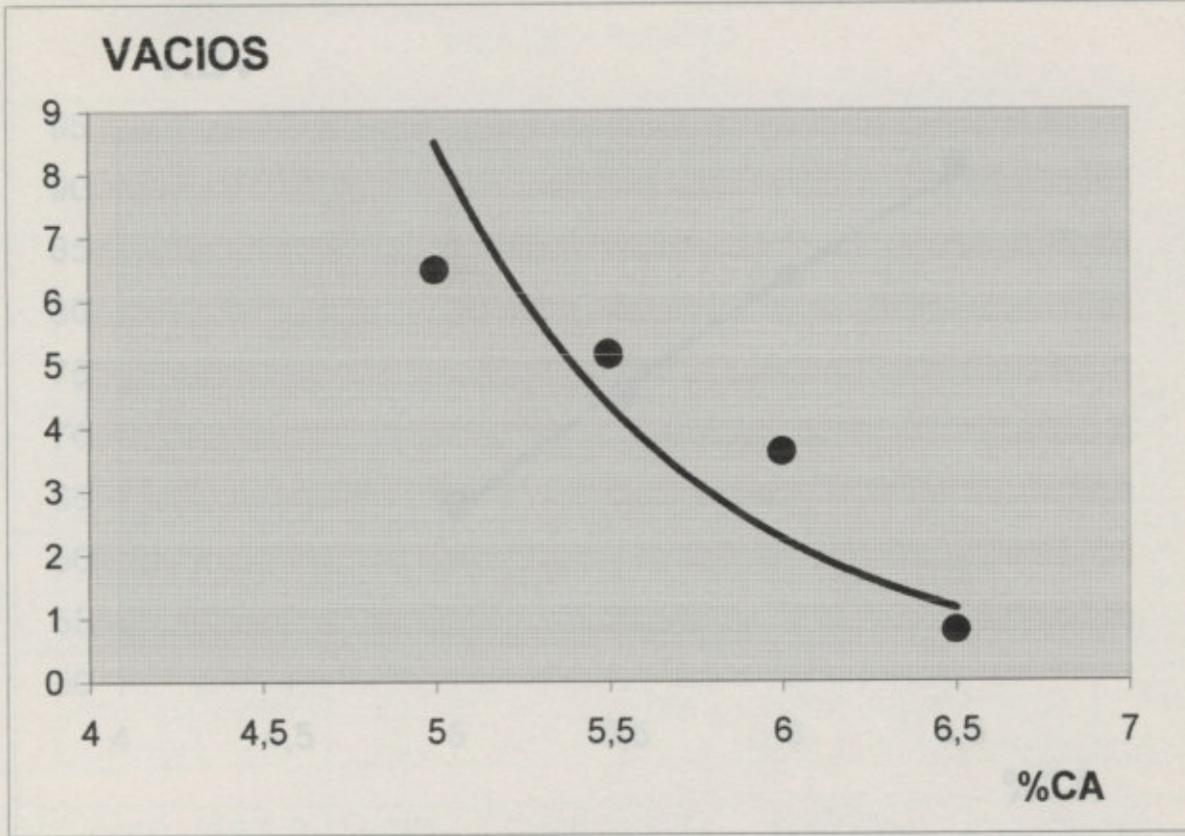


ESTAB./FLUENCIA



PECOM ASF. 50/60

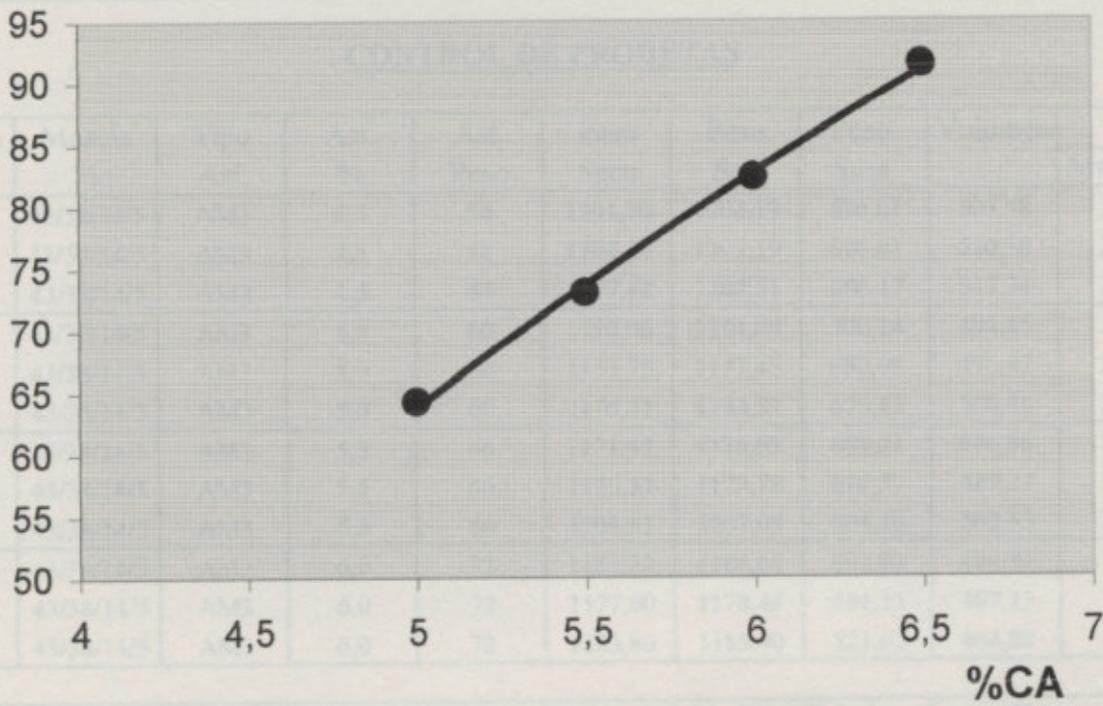
BASALTO



PECOM ASF. 50/60

BASALTO

RBV



Tr	Ad	Vicini	VSA	RBV
	%	%	%	%
1,46	3,5	10,00	1,00	64,5
	5,0	10,00	1,00	73,0
	6,5	10,00	1,00	83,0
	8	10,00	1,00	92,0

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: PECOM

ORIGEN DE LOS ÁRIDOS: CANTERA BASALTO- RIO III -CÓRDOBA

FILLER: CEMENTO

CONTROL DE PROBETAS

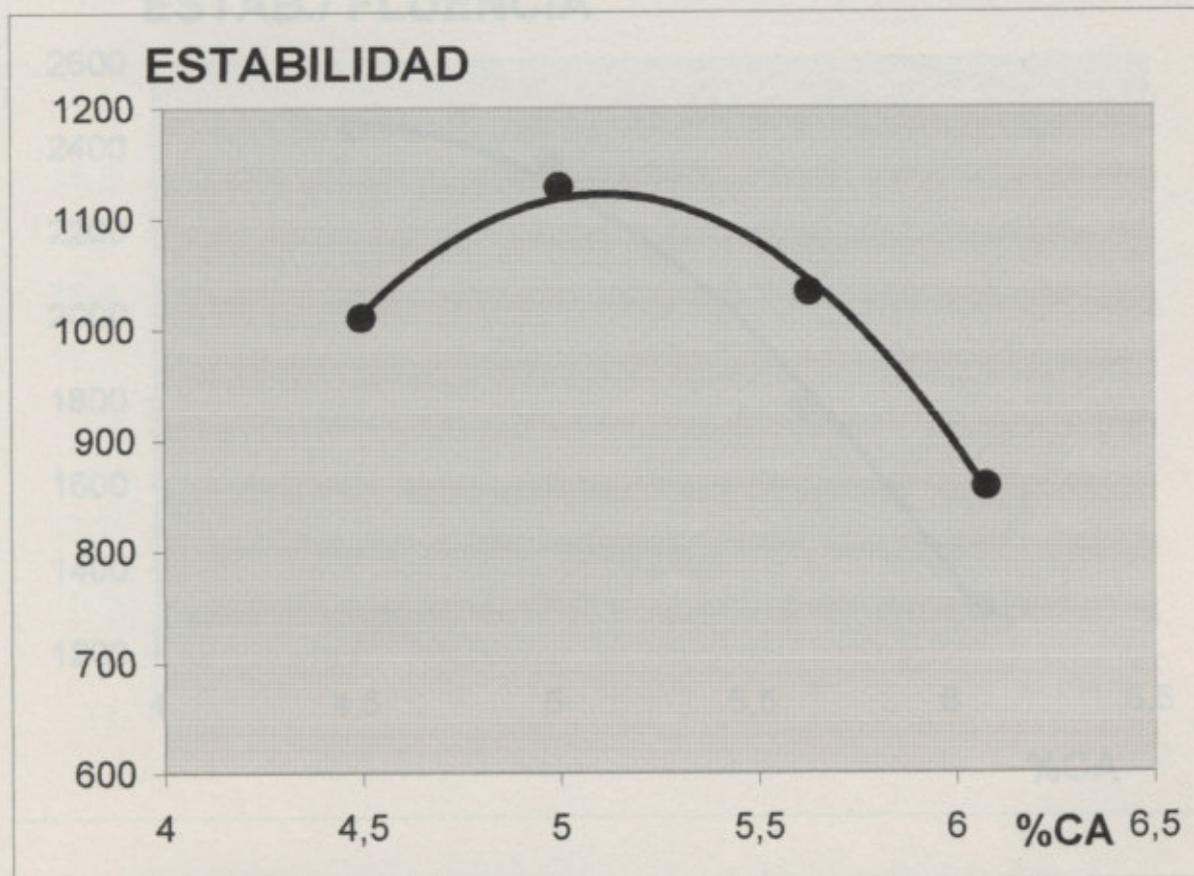
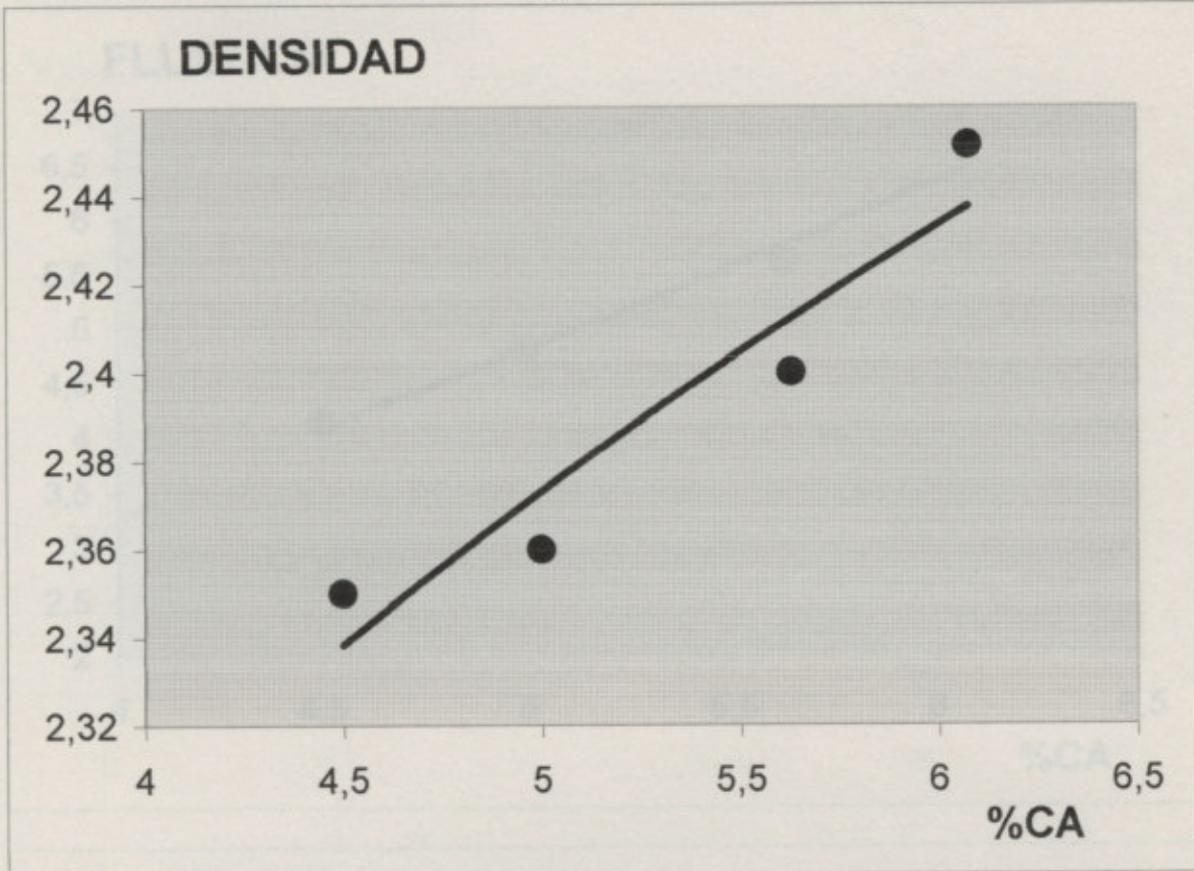
Probeta N°	Mezcla %	Tipo Asf.	Asf. %	Asf. Peso	Peso Seco	Peso Sat.	Peso Sum.	Volumen	Densidad	
									Marshall	Prom.
1a	43/38/14/5	AM3	4,5	54	1201,70	1204,19	696,61	507,58	2,37	2,35
1b	43/38/14/5	AM3	4,5	54	1204,26	1207,19	696,61	510,58	2,36	
1c	43/38/14/5	AM3	4,5	54	1197,42	1203,51	686,17	517,34	2,31	
2a	43/38/14/5	AM3	5,0	60	1190,06	1194,69	700,24	494,45	2,41	2,36
2b	43/38/14/5	AM3	5,0	60	1155,75	1157,45	680,98	476,47	2,43	
2c	43/38/14/5	AM3	5,0	60	1176,31	1184,89	676,43	508,46	2,31	
3a	43/38/14/5	AM3	5,5	66	1171,43	1176,07	689,21	486,86	2,41	2,40
3b	43/38/14/5	AM3	5,5	66	1176,57	1179,78	690,57	489,21	2,41	
3c	43/38/14/5	AM3	5,5	66	1201,83	1207,09	704,56	502,53	2,39	
4a	43/38/14/5	AM3	6,0	72	1183,32	1186,64	691,80	494,84	2,39	2,45
4b	43/38/14/5	AM3	6,0	72	1177,00	1178,46	691,33	487,13	2,42	
4c	43/38/14/5	AM3	6,0	72	1183,80	1185,90	721,02	464,88	2,55	

Probeta N°	Altura Probeta	Lectura Div/Carga	Lectura Div/Fluen	Factor Aro	Factor Corr x Alt.	Estabilidad		Fluencia		Estab/ fluen.
						Kg.	Prom.	mm.	Prom.	
1a	63,5	123	410	8,52	1,00	1047,96	1010,05	4,10	4,14	2437,76
1b	63,8	121	446	8,52	0,99	1020,61		4,46		
1c	64,0	114	387	8,52	0,99	961,57		3,87		
2a	61,6	122	430	8,52	1,05	1091,41	1128,56	4,30	4,78	2359,36
2b	62,7	136	455	8,52	1,02	1181,89		4,55		
2c	62,9	128	550	8,52	1,02	1112,37		5,50		
3a	63,3	98	474	8,52	1,01	843,31	1033,56	4,74	5,81	1780,47
3b	60,8	133	781	8,52	1,08	1223,81		7,81		
3c	63,6	100	687	8,52	1,00	852,00		6,87		
4a	63,4	83	634	8,52	1,00	707,16	858,28	6,34	6,61	1299,43
4b	61,4	129	705	8,52	1,04	1143,04		7,05		
4c	61,6	81	550	8,52	1,05	724,63		5,50		

Dt	Asf. %	Vacios %	VAM %	RBV %
2,46	4,5	4,60	15,86	66,59
	5,0	4,06	15,28	77,23
	5,5	2,40	15,61	84,61
	6	0,35	15,66	93,92

PECOM ASF. AM3

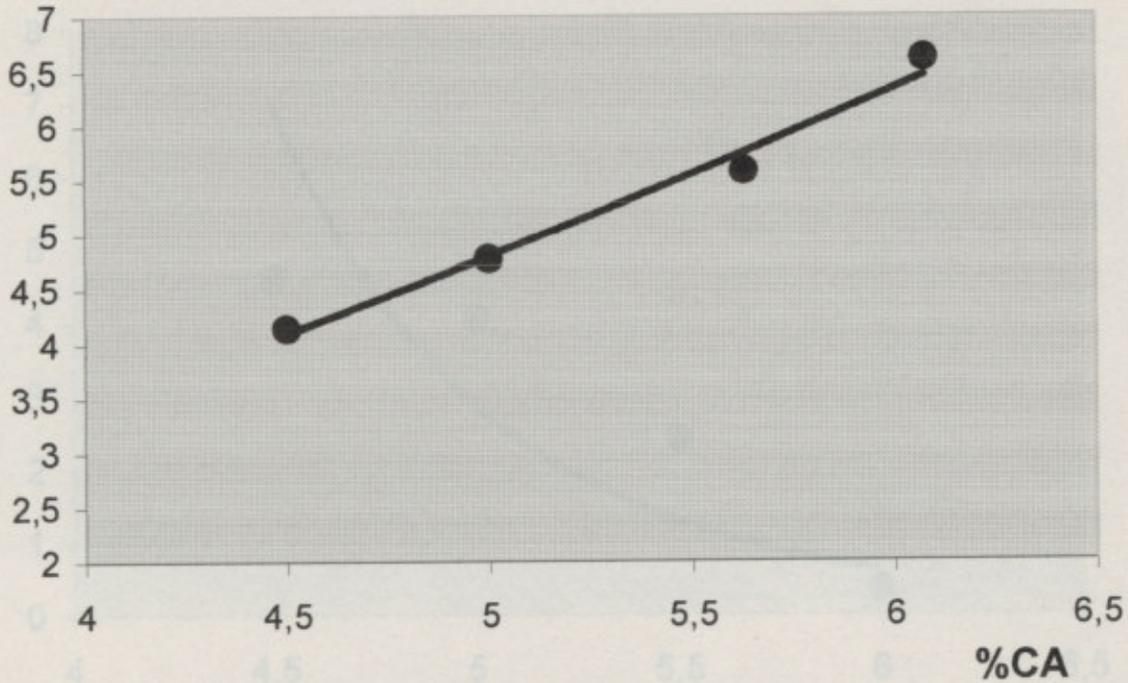
BASALTO



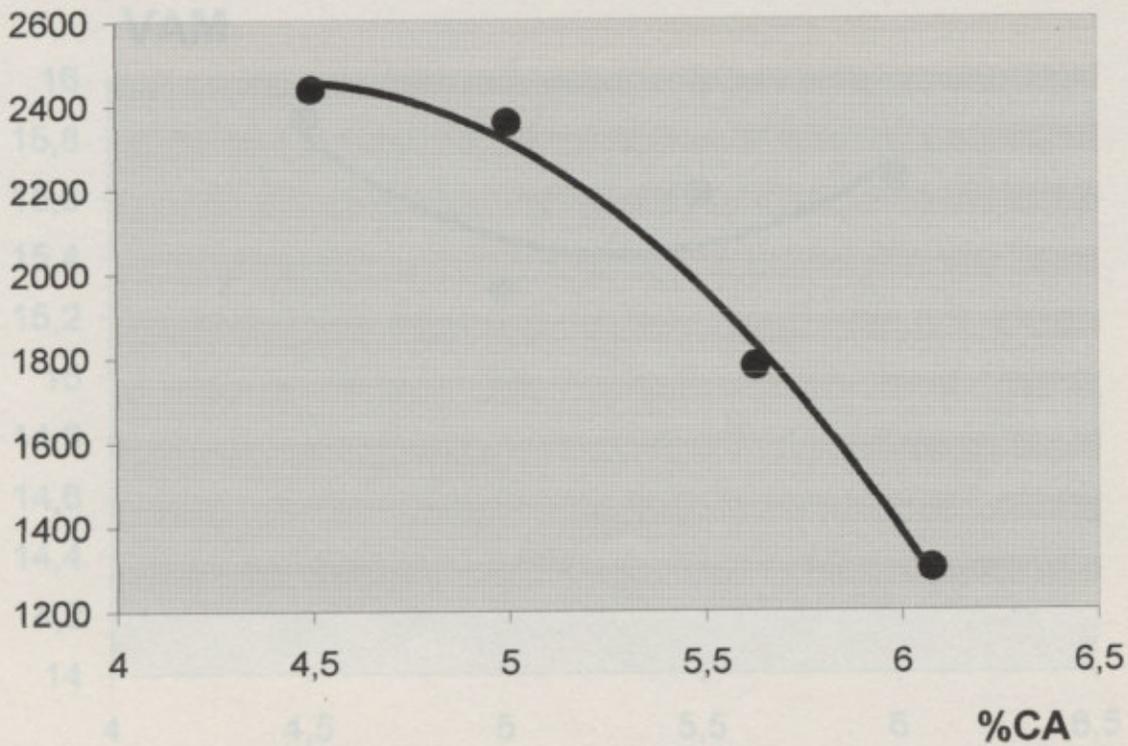
PECOM ASF. AM3

BASALTO

FLUENCIA



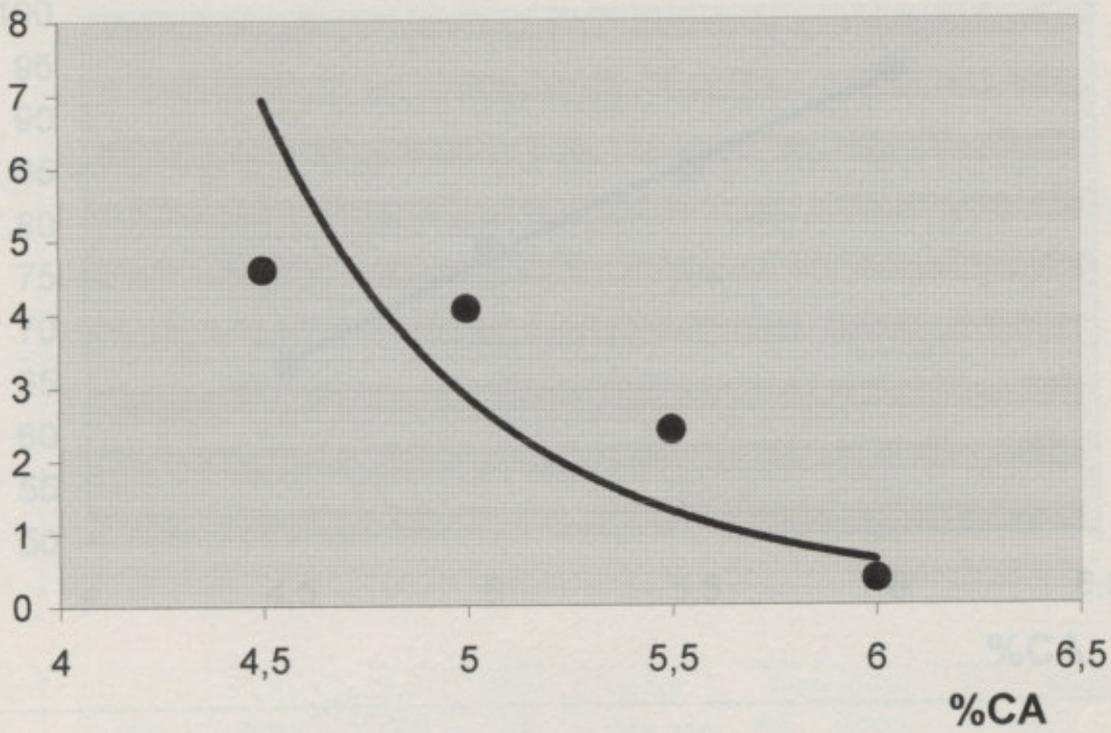
ESTAB./ FLUENCIA



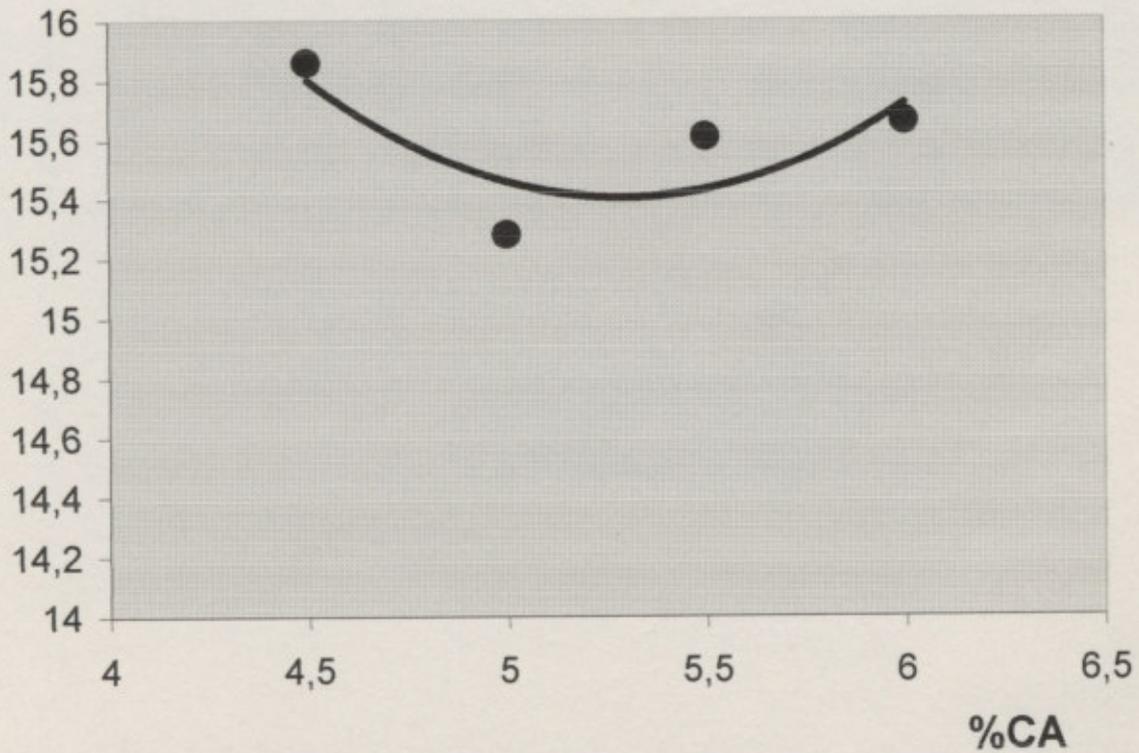
PECOM ASF. AM3

BASALTO

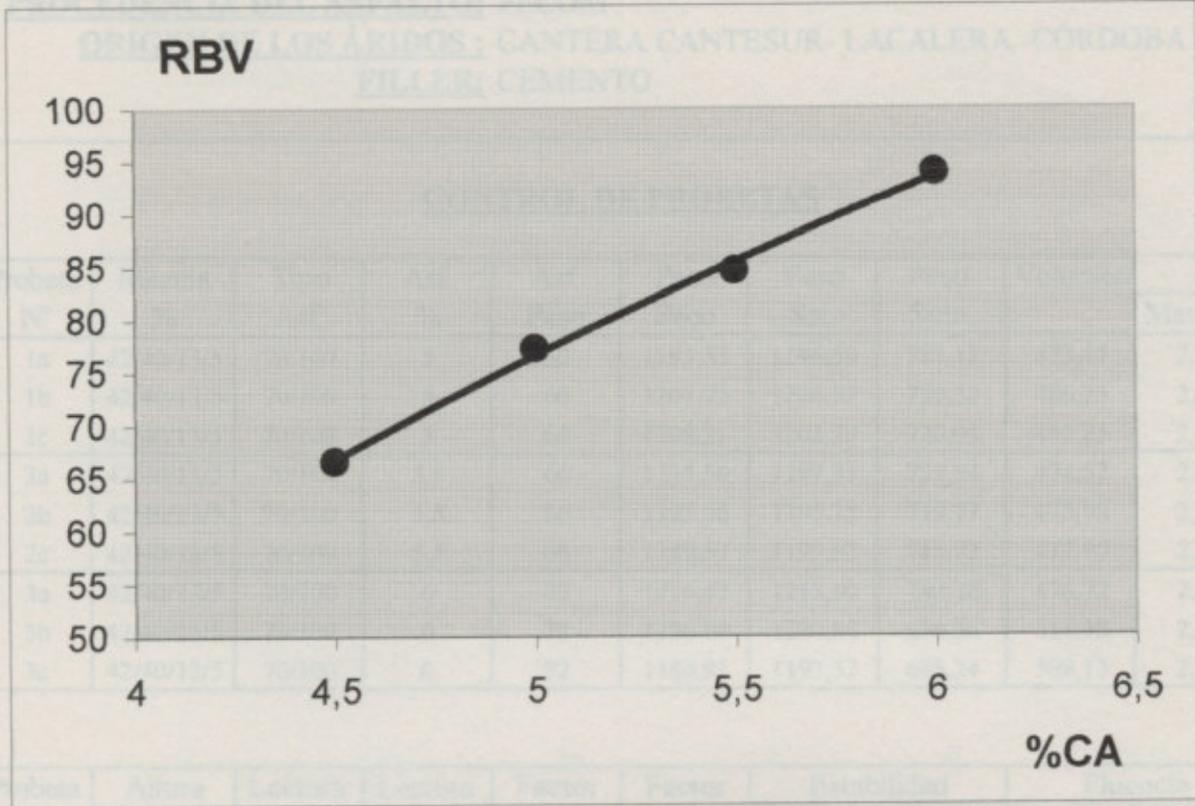
VACIOS



VAM



PECOM ASF. AM3 BASALTO



Dr	Asf	Vacos	VAM	RBV
1.5	5	1.18	15.70	70.1
	1.3	2.07	15.70	81.3
	6	2.07	15.70	95.0

6.1.2 CANTERA CANTESUR

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: PECOM

ORIGEN DE LOS ÁRIDOS : CANTERA CANTESUR- LACALERA -CÓRDOBA

FILLER: CEMENTO

CONTROL DE PROBETAS

Probeta N°	Mezcla %	Tipo Asf.	Asf. %	Asf. Peso	Peso Seco	Peso Sat.	Peso Sum.	Volumen	Densidad	
									Marshall	Prom.
1a	42/40/13/5	70/100	5	60	1193,53	1196,59	723,12	473,47	2,52	2,49
1b	42/40/13/5	70/100	5	60	1201,72	1206,57	720,32	486,25	2,47	
1c	42/40/13/5	70/100	5	60	1198,21	1202,29	720,04	482,25	2,48	
2a	42/40/13/5	70/100	5,5	66	1195,56	1197,31	722,94	474,37	2,52	2,51
2b	42/40/13/5	70/100	5,5	66	1192,96	1195,75	719,77	475,98	2,51	
2c	42/40/13/5	70/100	5,5	66	1189,57	1193,62	715,72	477,90	2,49	
3a	42/40/13/5	70/100	6	72	1216,47	1218,90	742,18	476,72	2,55	2,41
3b	42/40/13/5	70/100	6	72	1196,69	1200,84	686,56	514,28	2,33	
3c	42/40/13/5	70/100	6	72	1189,91	1193,37	685,24	508,13	2,34	

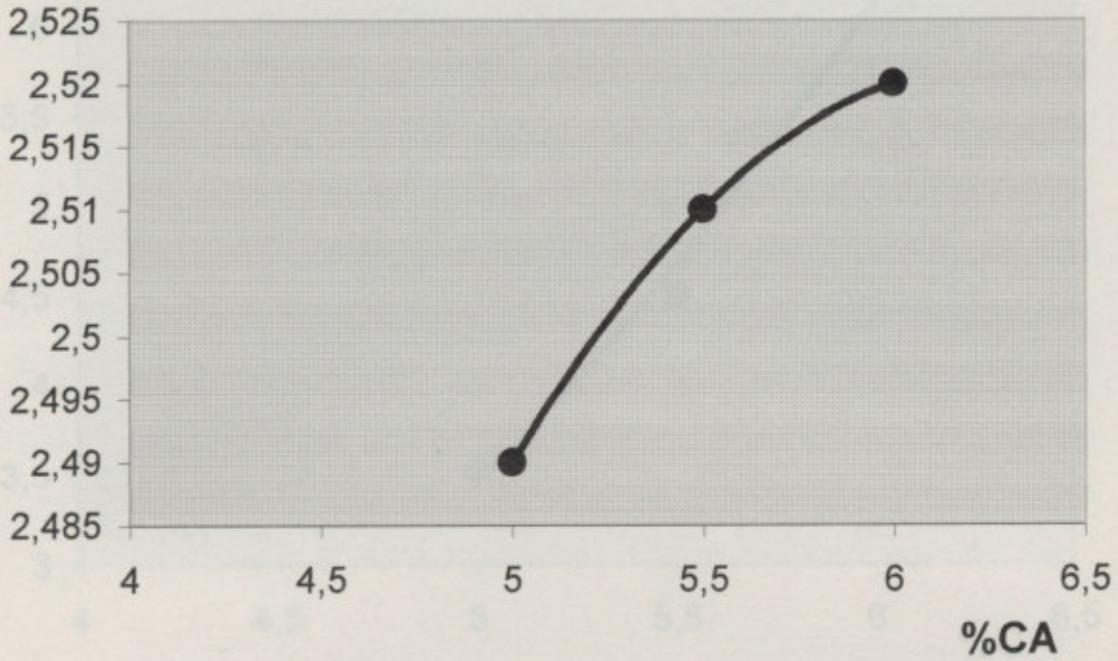
Probeta N°	Altura Probeta	Lectura Div/Carga	Lectura Div/Fluen	Factor Aro	Factor Corr x Alt.	Estabilidad		Fluencia		Estab/ fluen.
						Kg.	Prom.	mm.	Prom.	
1a	61,7	91	315	8,52	1,04	806,33	753,79	3,15	3,52	2139,43
1b	61,0	72	362	8,52	1,07	656,38		3,62		
1c	60,4	86	380	8,52	1,09	798,66		3,80		
2a	60,4	100	463	8,52	1,09	928,68	814,14	4,63	4,50	1807,87
2b	59,6	94	483	8,52	1,09	872,96		4,83		
2c	59,6	69	405	8,52	1,09	640,79		4,05		
3a	61,6	69	613	8,52	1,05	617,27	639,48	6,13	6,26	1021,54
3b	63,4	80	655	8,52	1,00	681,60		6,55		
3c	63,2	72	610	8,52	1,01	619,57		6,10		

Dt	Asf. %	Vacios %	VAM %	RBV %
2,58	5	3,48	15,93	78,11
	5,5	2,71	16,51	83,57
	6	6,58	21,04	68,69

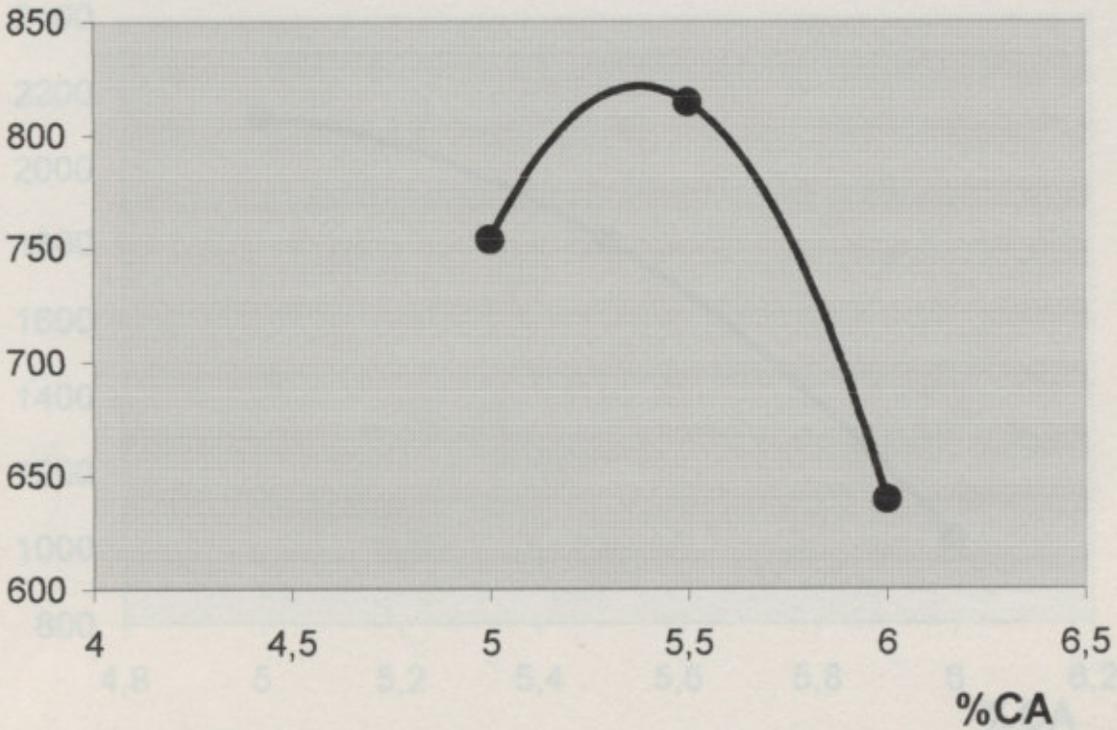
PECOM ASF. 70/100

CANTESUR

DENSIDAD



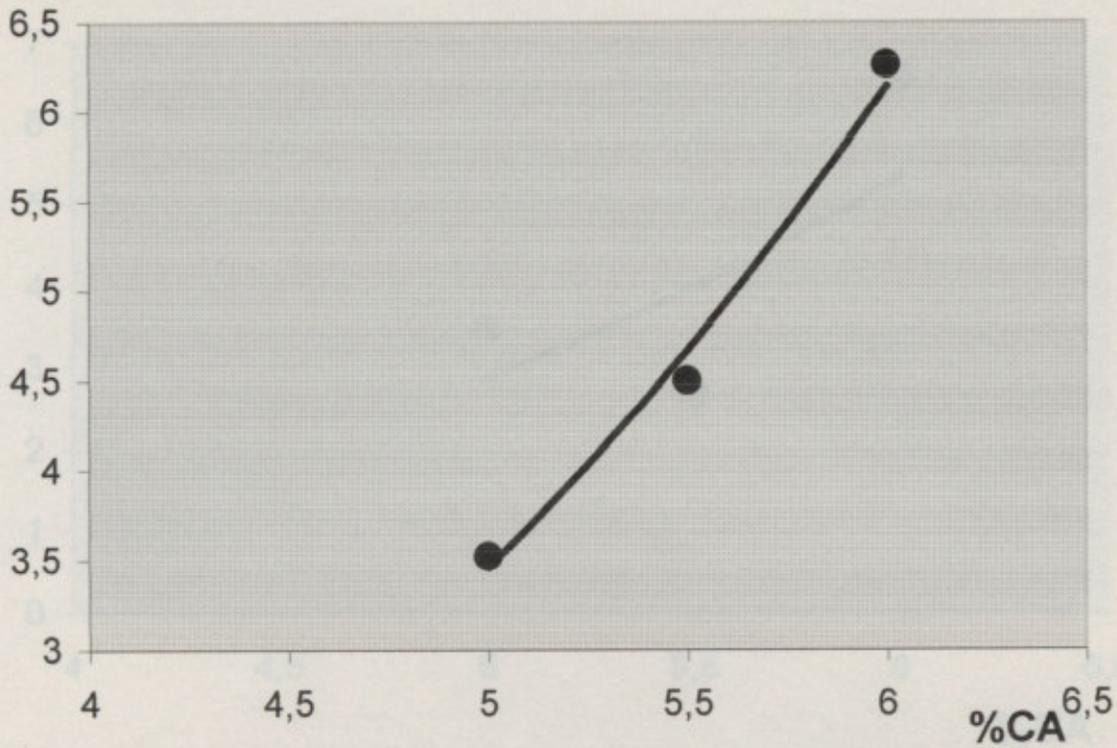
ESTABILIDAD



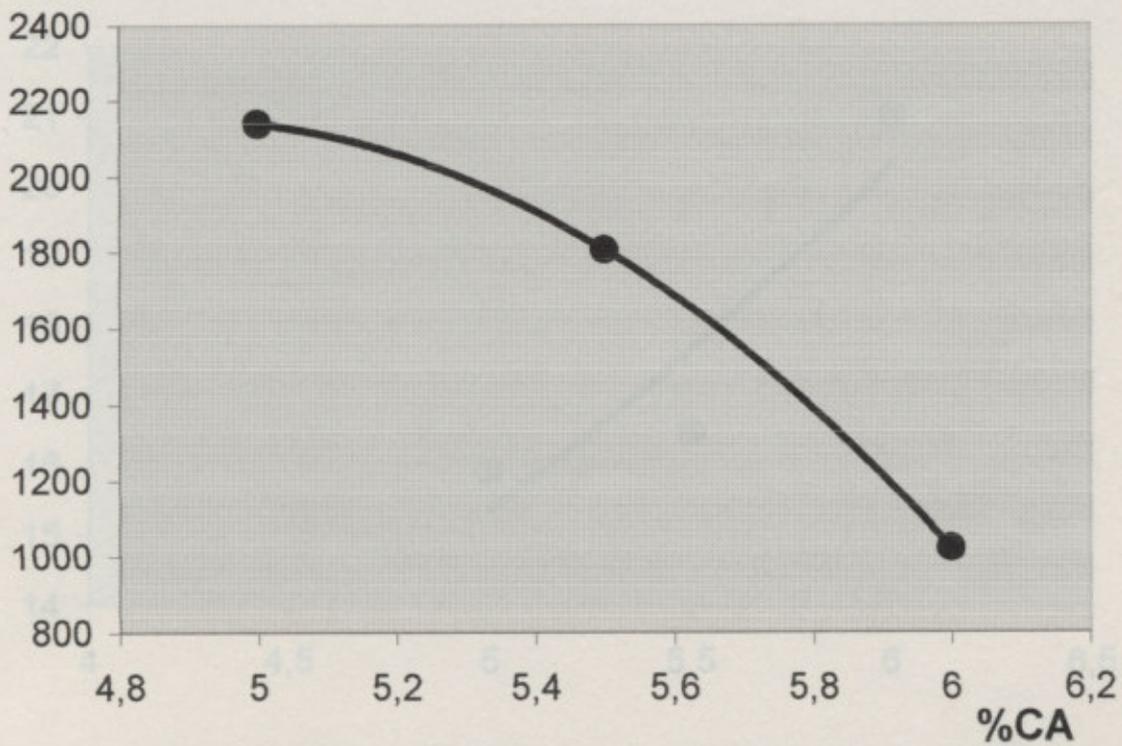
PECOM ASF. 70/100

CANTESUR

FLUENCIA

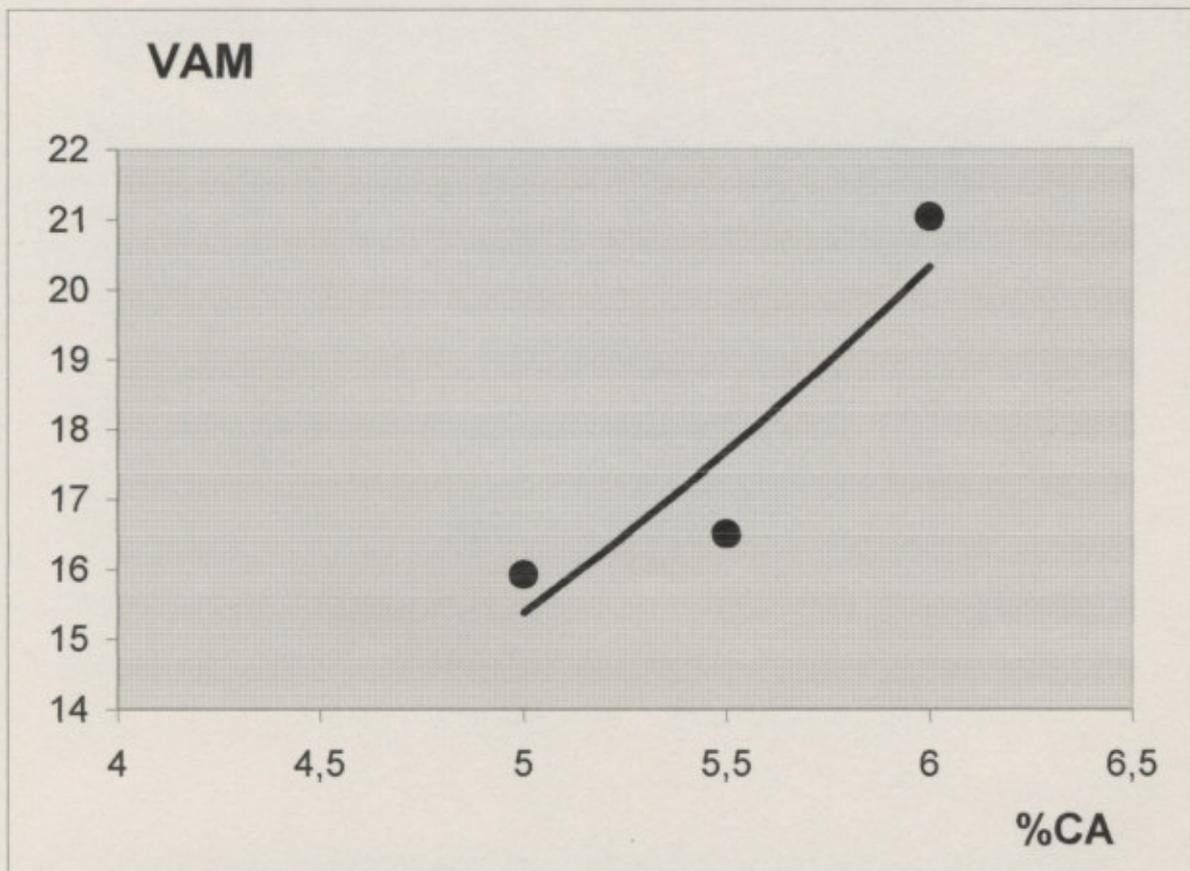
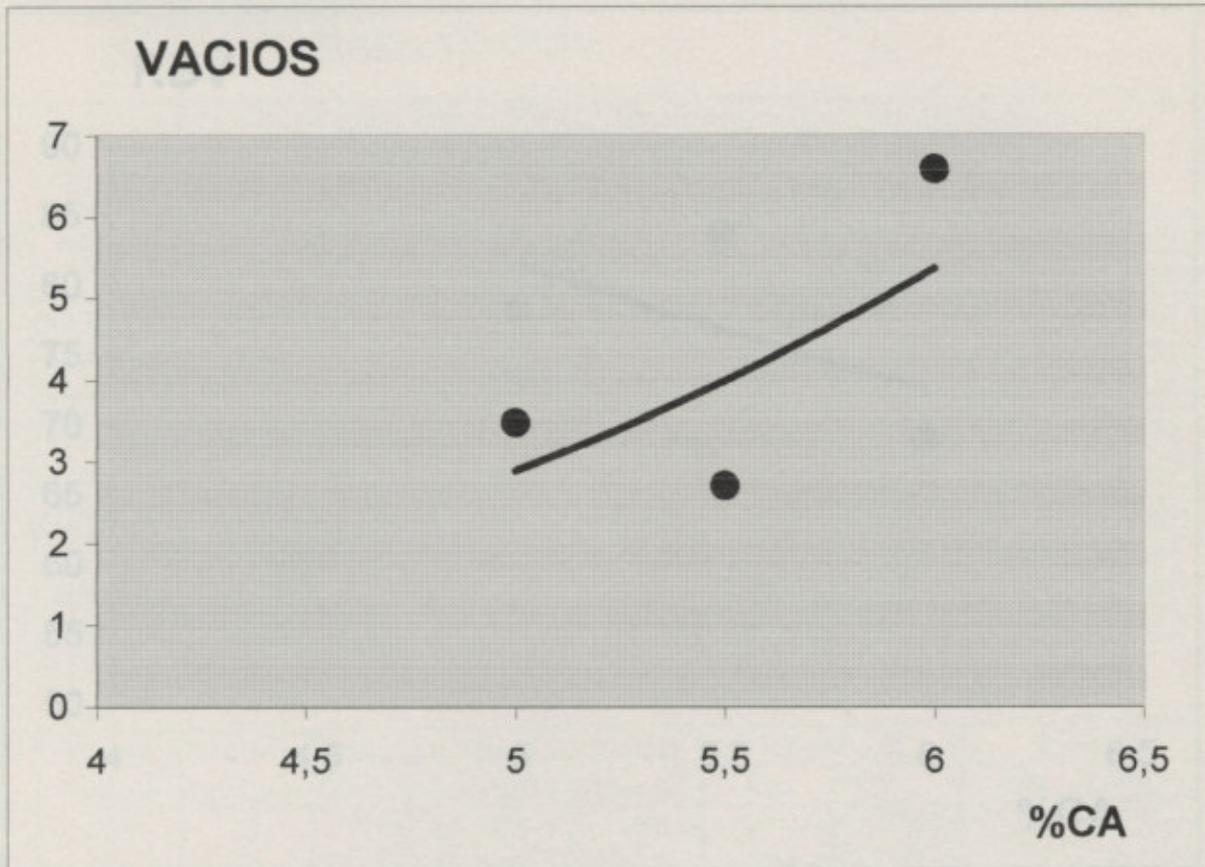


ESTAB. / FLUENCIA



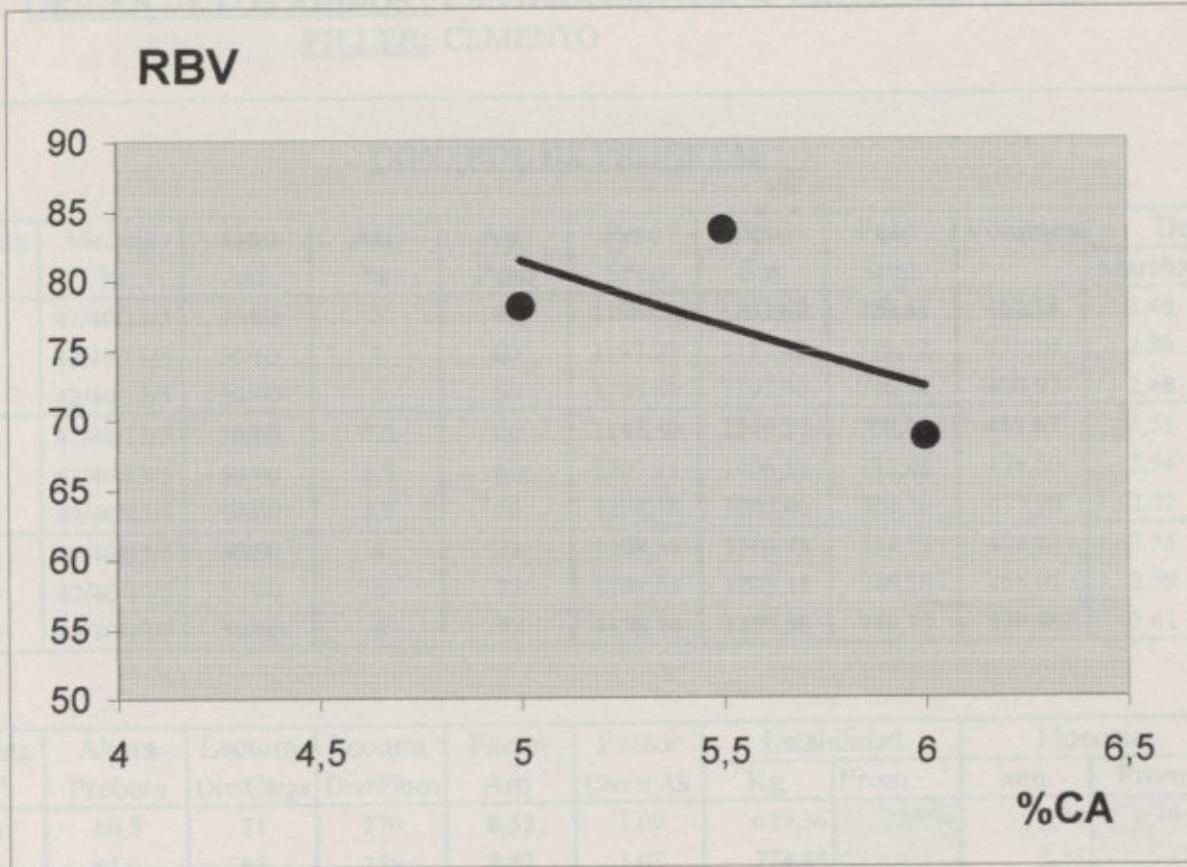
PECOM ASF. 70/100

CANTESUR



PECOM ASF. 70/100

CANTESUR



Prueba Nº	Asfalto Modificado	Lectura Dm/Carpa	Dist. Flujos	Factor de Corrección	Factor de Corrección de Área	Estabilidad (Kg)	Prueba Prom.	Estado
1a	66.3	71	270	8.52	1.09	679.36	72%	2022.36
1b	61.8	85	280	8.47	1.07	778.67	75%	2022.36
1c	61.4	84	308	8.53	1.06	738.81	74%	2022.36
2a	66.7	108	146	8.52	1.09	1002.97	100%	2022.36
2b	66.7	124	150	8.52	1.08	1141.06	100%	2022.36
2c	66.3	117	147	8.52	1.08	984.57	100%	2022.36
3a	61.6	97	163	8.51	1.09	801.52	91%	2022.36
3b	61.4	101	168	8.51	1.05	921.11	94%	2022.36
3c	60.6	98	157	8.51	1.09	710.11	85%	2022.36

Dm	Asf	Velocidad	VMAM	RBV
2.51	5	1.09	741	72%
	8.5	1.25	724	75%
	8	1.27	702	73%

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: PECOM

ORIGEN DE LOS ÁRIDOS : CANTERA CANTESUR- LACALERA -CÓRDOBA

FILLER: CEMENTO

CONTROL DE PROBETAS

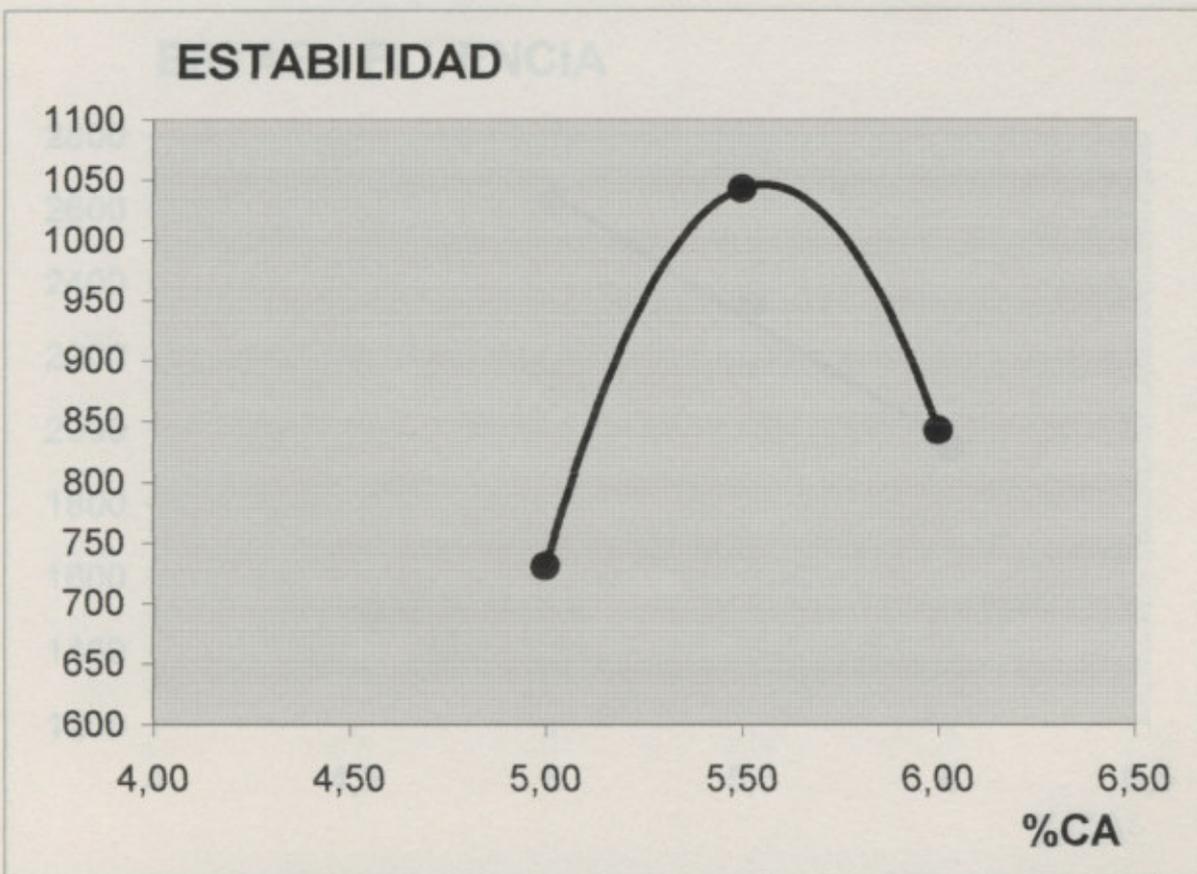
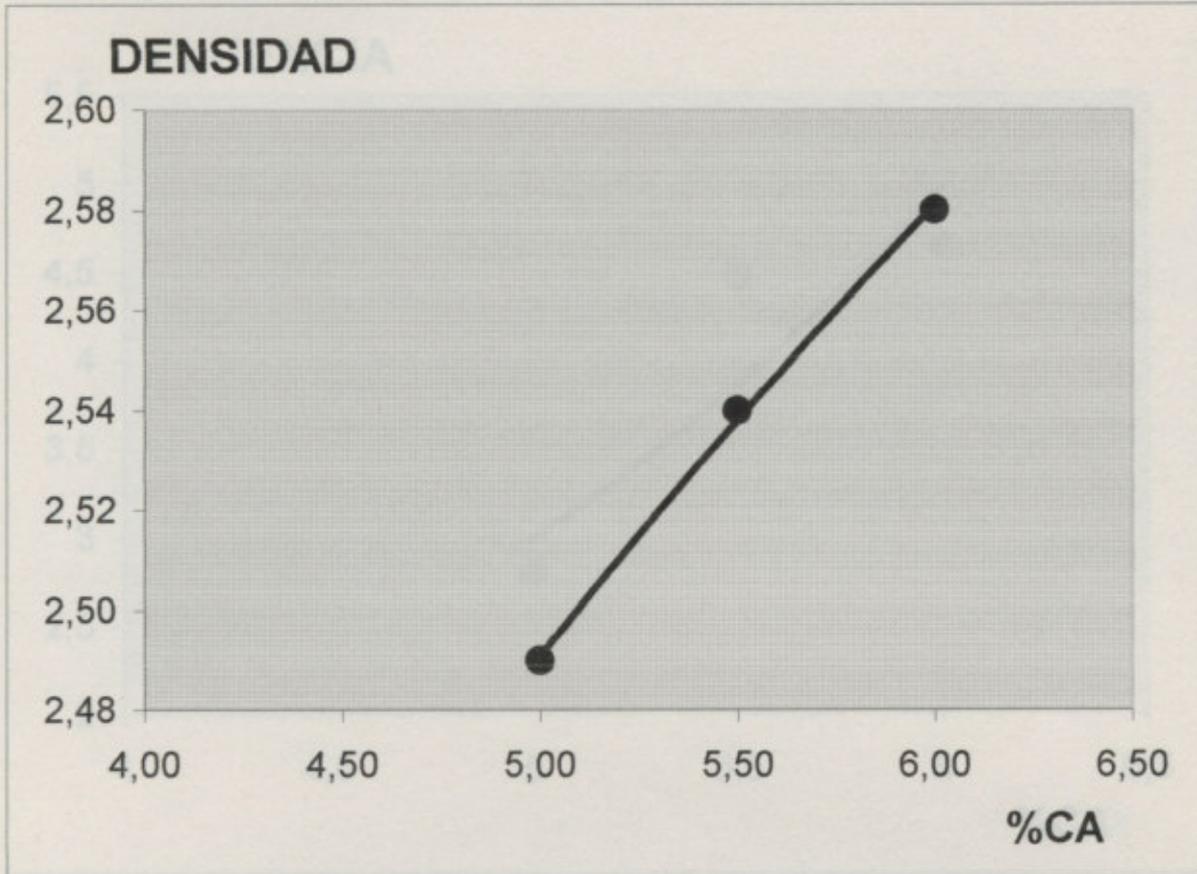
Probeta Nº	Mezcla %	Tipo Asf.	Asf. %	Asf. Peso	Peso Seco	Peso Sat.	Peso Sum.	Volumen	Densidad	
									Marshall	Prom.
1a	42/40/13/5	50/60	5	60	1198,46	1202,62	720,44	482,18	2,49	2,49
1b	42/40/13/5	50/60	5	60	1193,20	1197,42	719,32	478,10	2,50	
1c	42/40/13/5	50/60	5	60	1193,63	1197,91	716,99	480,92	2,48	
2a	42/40/13/5	50/60	5,5	66	1147,30	1149,79	700,12	449,67	2,55	2,54
2b	42/40/13/5	50/60	5,5	66	1203,21	1206,56	732,06	474,50	2,54	
2c	42/40/13/5	50/60	5,5	66	1204,58	1207,06	729,16	477,90	2,52	
3a	42/40/13/5	50/60	6	72	1208,54	1210,75	737,72	473,03	2,55	2,58
3b	42/40/13/5	50/60	6	72	1203,53	1205,11	740,10	465,01	2,59	
3c	42/40/13/5	50/60	6	72	1198,20	1199,58	740,12	459,46	2,61	

Probeta Nº	Altura Probeta	Lectura Div/Carga	Lectura Div/Fluen	Factor Aro	Factor Corr x Alt.	Estabilidad		Fluencia		Estab/ fluen.
						Kg.	Prom.	mm.	Prom.	
1a	60,5	71	270	8,52	1,09	659,36	730,96	2,70	2,79	2623,06
1b	61,0	85	258	8,52	1,07	774,89		2,58		
1c	61,4	84	308	8,52	1,06	758,62		3,08		
2a	60,7	108	448	8,52	1,09	1002,97	1042,85	4,48	4,47	2332,99
2b	60,7	124	450	8,52	1,08	1141,00		4,50		
2c	60,8	107	443	8,52	1,08	984,57		4,43		
3a	60,6	97	468	8,52	1,09	900,82	904,82	4,68	4,64	1951,45
3b	61,4	101	466	8,52	1,05	903,55		4,66		
3c	60,6	98	457	8,52	1,09	910,11		4,57		

Dt	Asf. %	Vacios %	VAM %	RBV %
2,62	5	4,96	17,41	71,51
	5,5	3,25	17,02	72,06
	6	3,12	17	75,5

PECOM ASF.50/60

CANTESUR

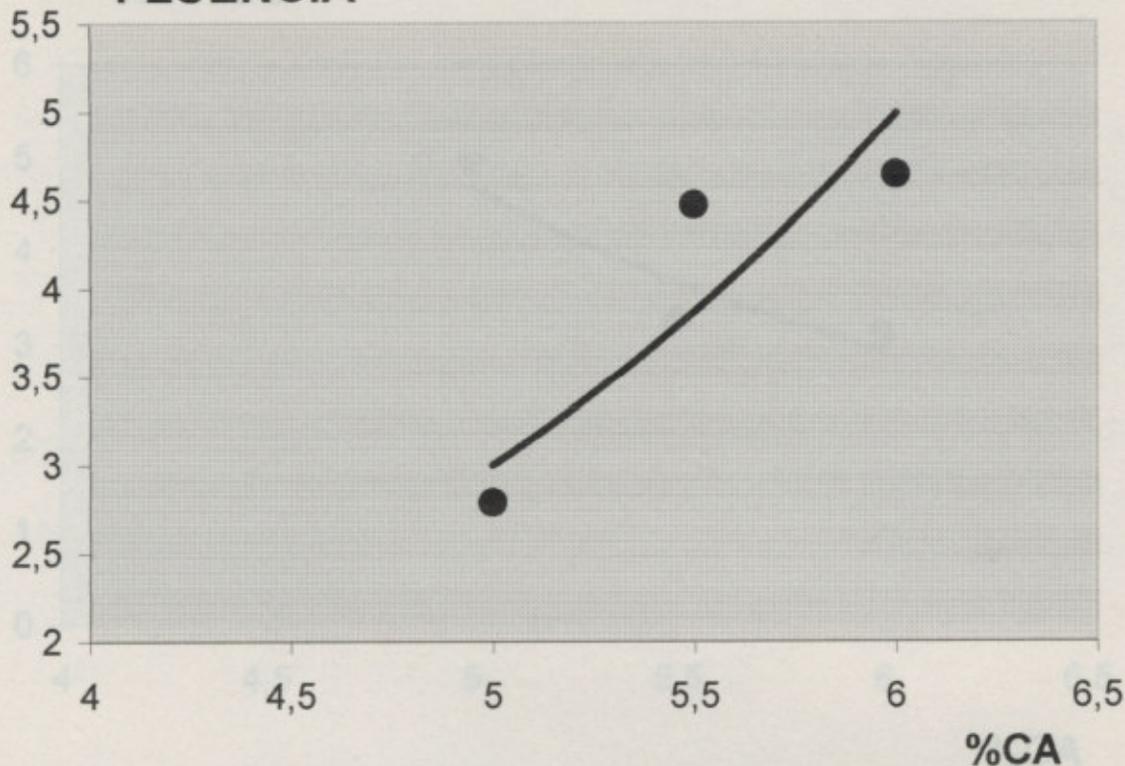


PECOM ASF.50/60

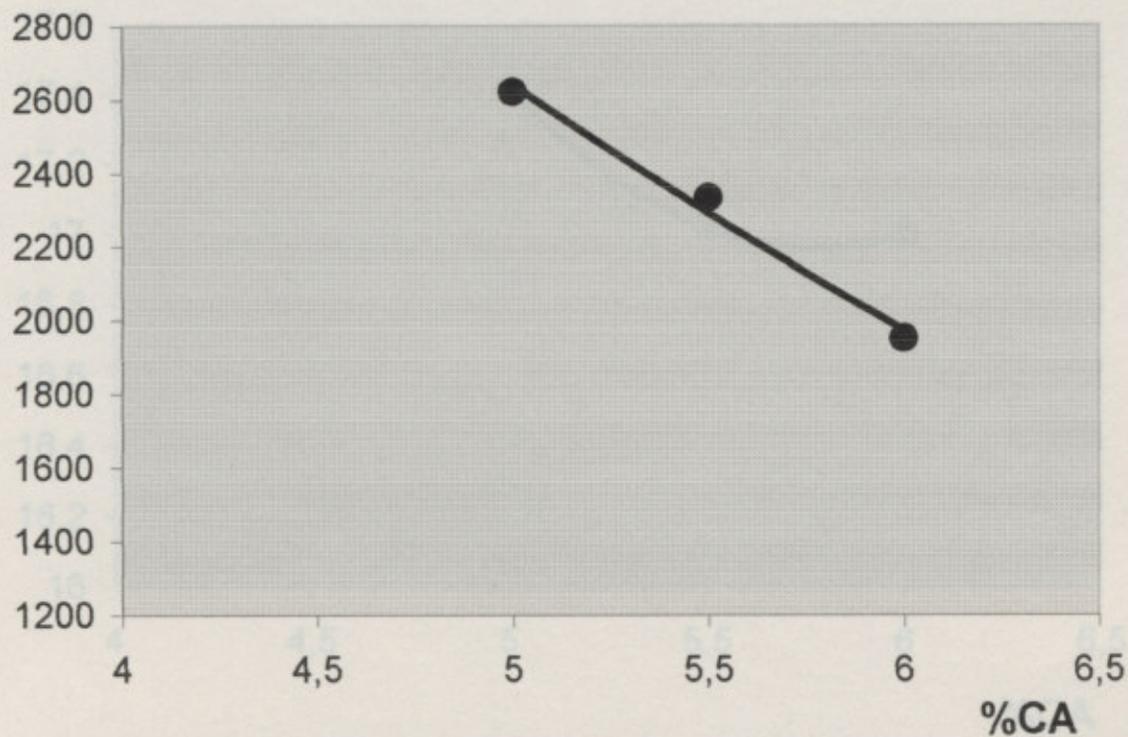
CANTESUR

CANTESUR

FLUENCIA



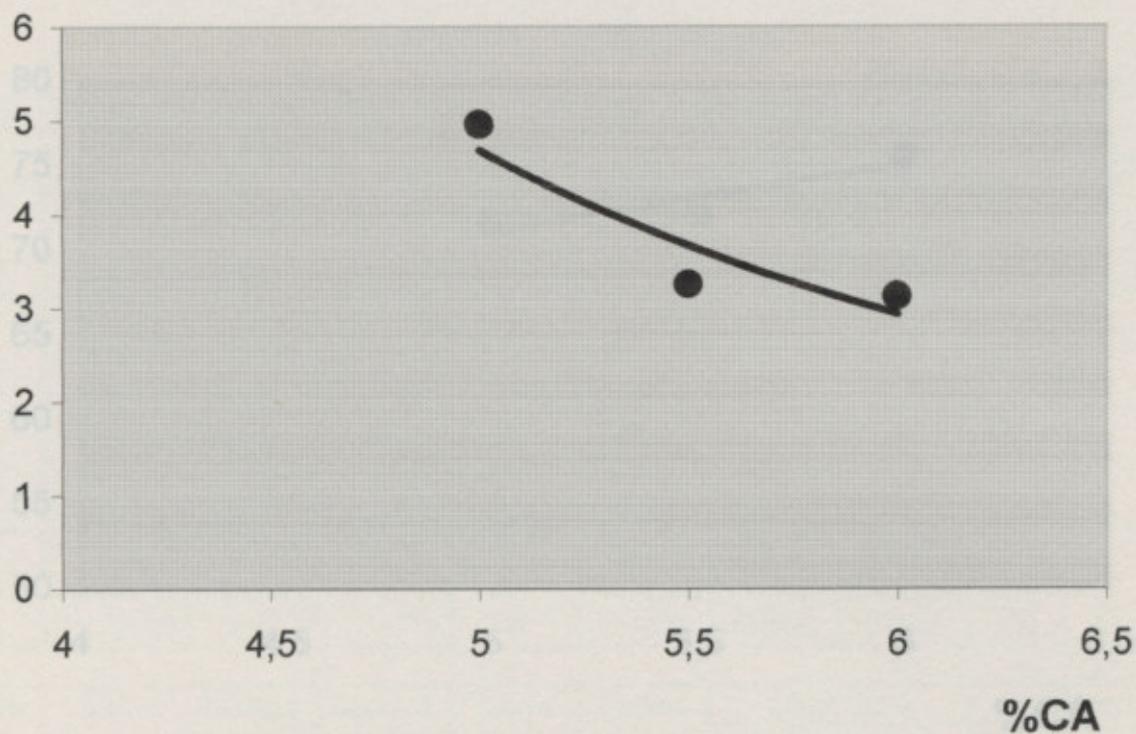
ESTAB./ FLUENCIA



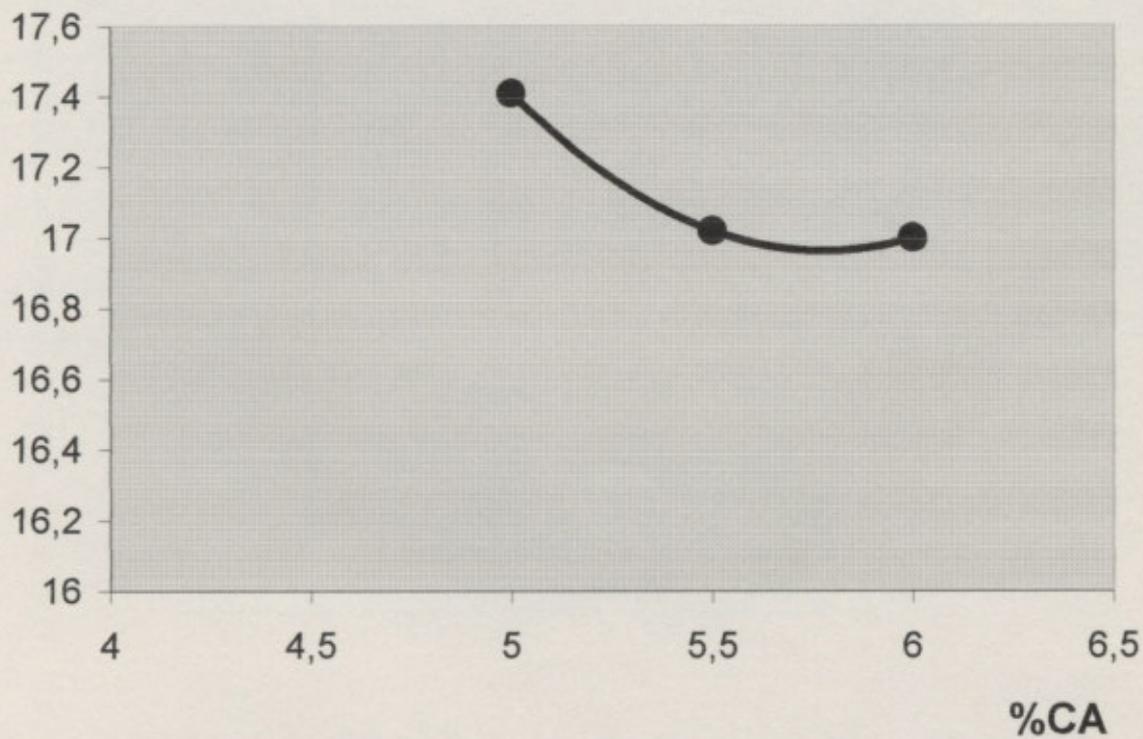
PECOM ASF.50/60

CANTESUR

VACIOS



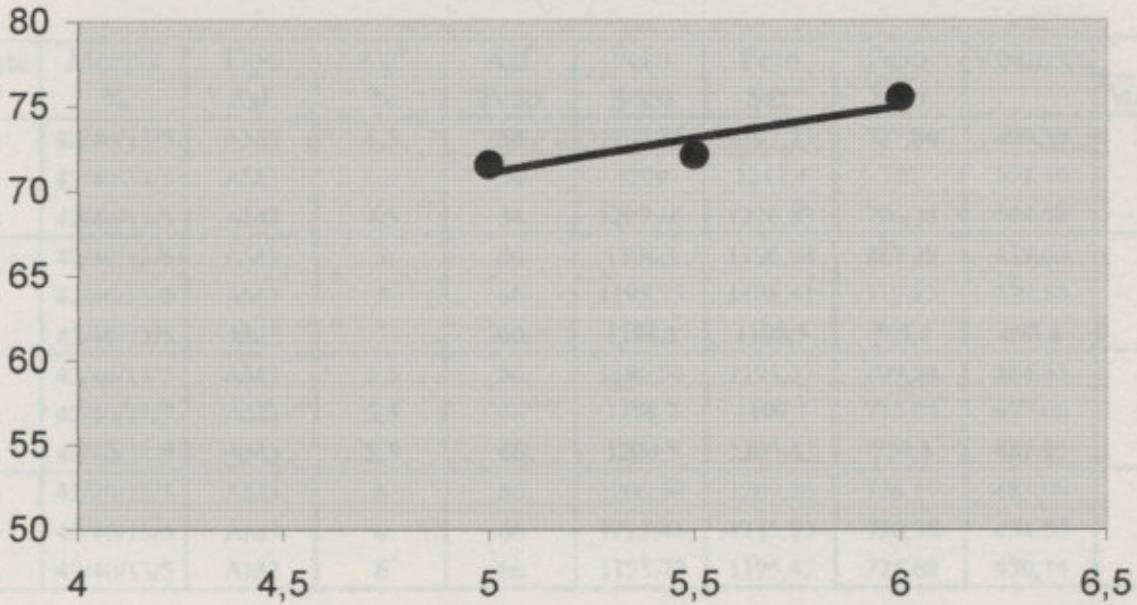
VAM



PECOM ASF.50/60

CANTESUR

RBV



%CA

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: PECOM

ORIGEN DE LOS ÁRIDOS : CANTERA CANTESUR- LACALERA -CÓRDOBA

FILLER: CEMENTO

CONTROL DE PROBETAS

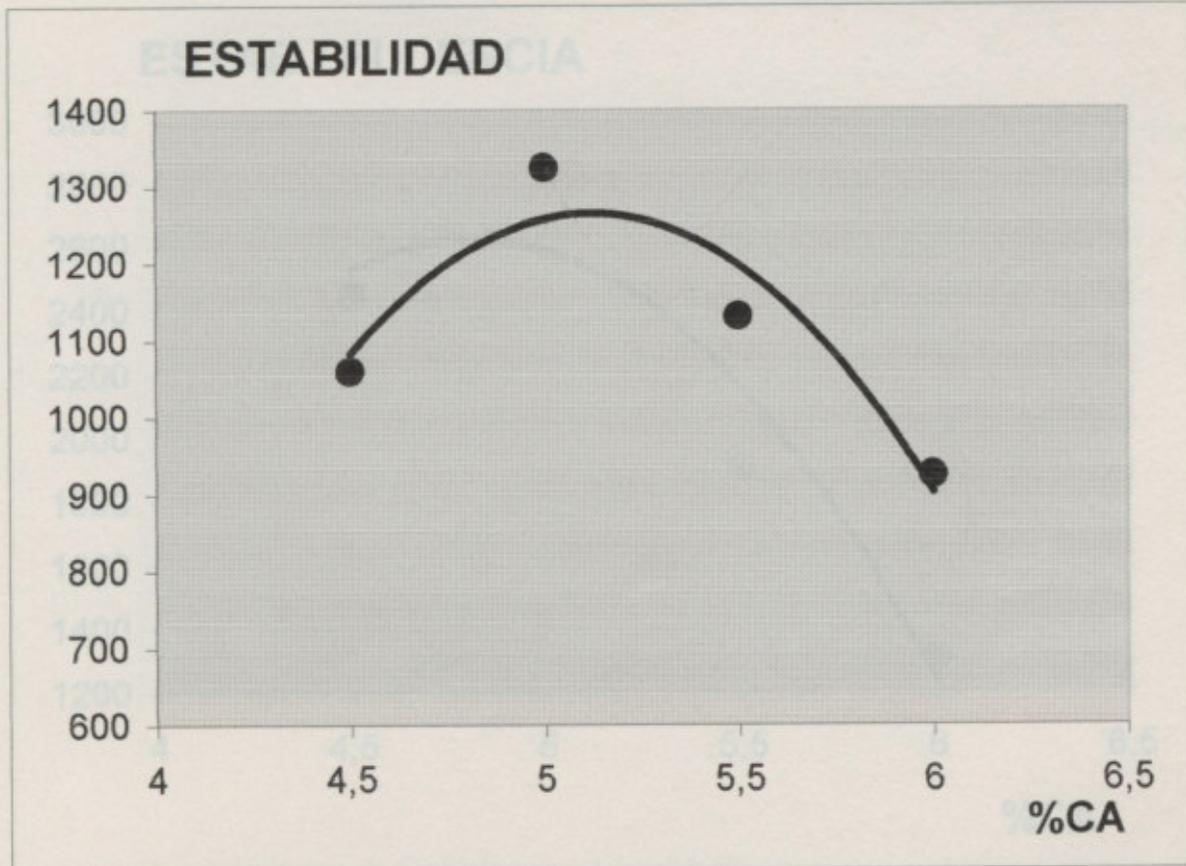
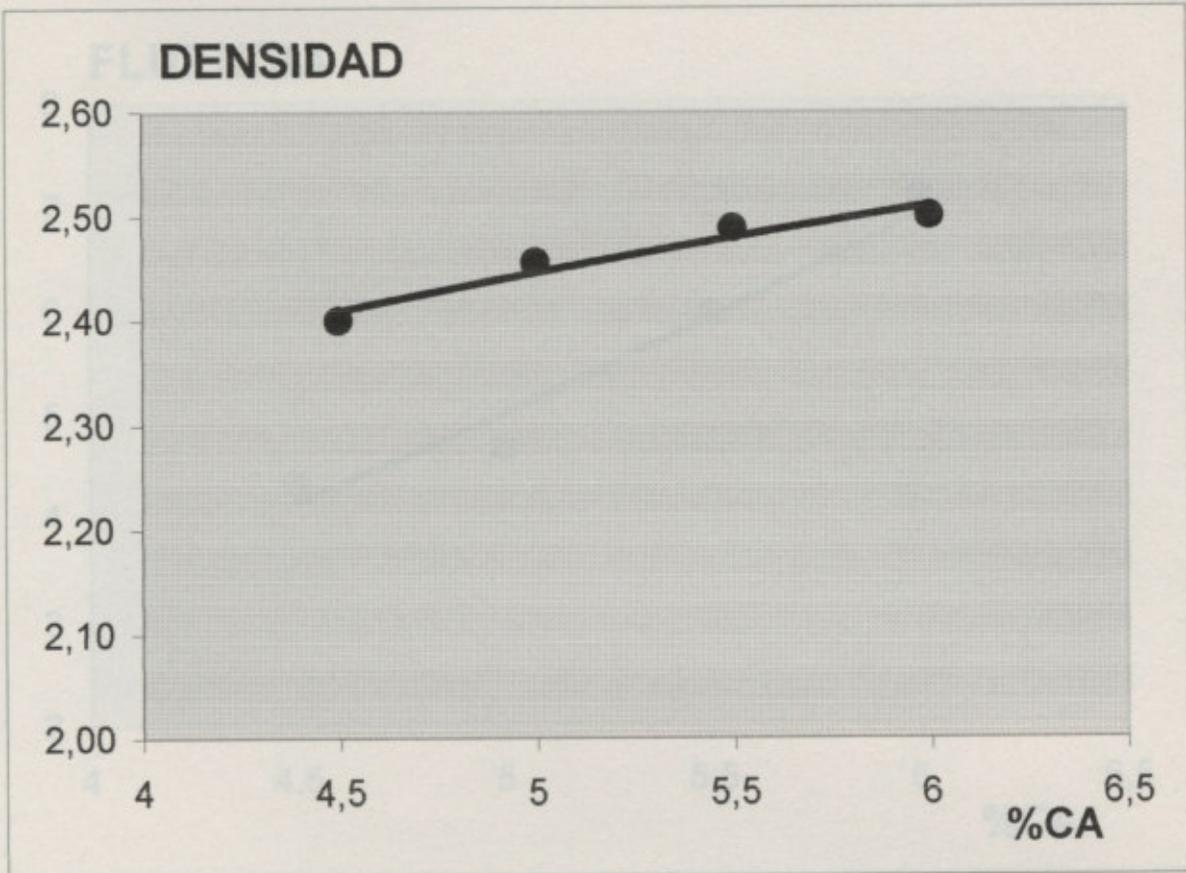
Probeta N°	Mezcla %	Tipo Asf.	Asf. %	Asf. Peso	Peso Seco	Peso Sat.	Peso Sum.	Volumen	Densidad	
									Marshall	Prom.
1a	42/40/13/5	AM3	4,5	54	1203,85	1207,23	707,84	499,39	2,41	2,40
1b	42/40/13/5	AM3	4,5	54	1209	1211,4	707	504,40	2,40	
1c	42/40/13/5	AM3	4,5	54	1207,66	1210,83	706,25	504,58	2,39	
2a	42/40/13/5	AM3	5	60	1194,1	1196,94	717,29	479,65	2,49	2,47
2b	42/40/13/5	AM3	5	60	1195,73	1198,41	719,83	478,58	2,50	
2c	42/40/13/5	AM3	5	60	1194,1	1198,5	703,1	495,4	2,41	
3a	42/40/13/5	AM3	5,5	66	1196,94	1194,57	709,94	484,63	2,47	2,48
3b	42/40/13/5	AM3	5,5	66	1188,2	1190,1	713,04	477,06	2,49	
3c	42/40/13/5	AM3	5,5	66	1200,5	1203,43	720,5	482,93	2,49	
4a	42/40/13/5	AM3	6	66	1206,58	1209,26	726,17	483,09	2,50	2,50
4b	42/40/13/5	AM3	6	66	1212,44	1215,83	720,98	494,85	2,45	
4c	42/40/13/5	AM3	6	66	1193,77	1195,82	725,68	470,14	2,54	

Probeta N°	Altura Probeta	Lectura Div/Carga	Lectura Div/Fluen	Factor Aro	Factor Corr x Alt.	Estabilidad		Fluencia		Estab/ fluen.
						Kg.	Prom.	mm.	Prom.	
1a	64,33	126	408	8,52	0,97	1041,31	1059,49	4,08	4,33	2444,98
1b	63,33	132	421	8,52	1,01	1135,89		4,21		
1c	61,8	113	471	8,52	1,04	1001,27		4,71		
2a	60,5	157	460	8,52	1,09	1458,03	1324,92	4,60	4,67	2839,11
2b	60,2	129	505	8,52	1,09	1198,00		5,05		
2c	60,4	142	435	8,52	1,09	1318,73		4,35		
3a	60,8	102	640	8,52	1,07	929,87	1130,29	6,40	5,95	1900,71
3b	60,5	124	539	8,52	1,09	1151,56		5,39		
3c	59,6	141	605	8,52	1,09	1309,44		6,05		
4a	62,3	125	743	8,52	1,03	1096,95	924,36	7,43	7,07	1308,06
4b	62,2	99	662	8,52	1,03	868,78		6,62		
4c	62	92	715	8,52	1,03	807,36		7,15		

Dt	Asf. %	Vacios %	VAM %	RBV %
2,58	4,5	6,96	17,77	60,80
	5,0	4,41	16,74	73,64
	5,5	3,79	17,45	78,25
	6	3,27	18,24	82,08

PECOM ASF. AM3

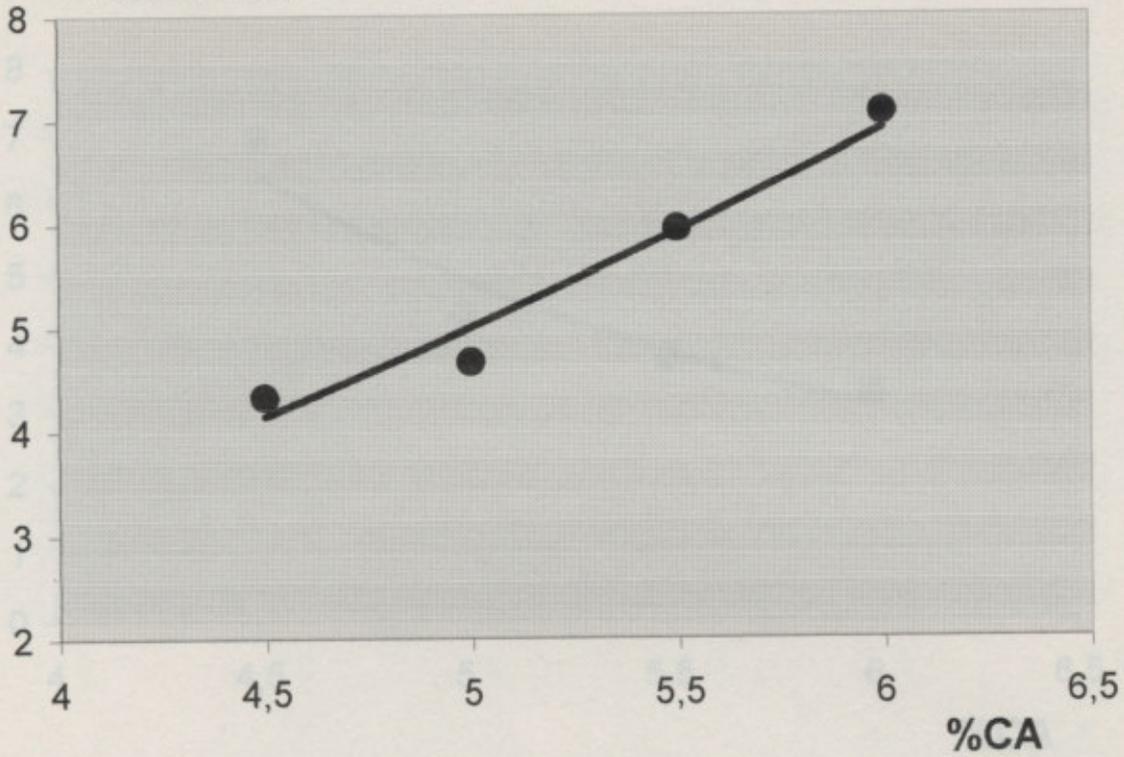
CANTESUR



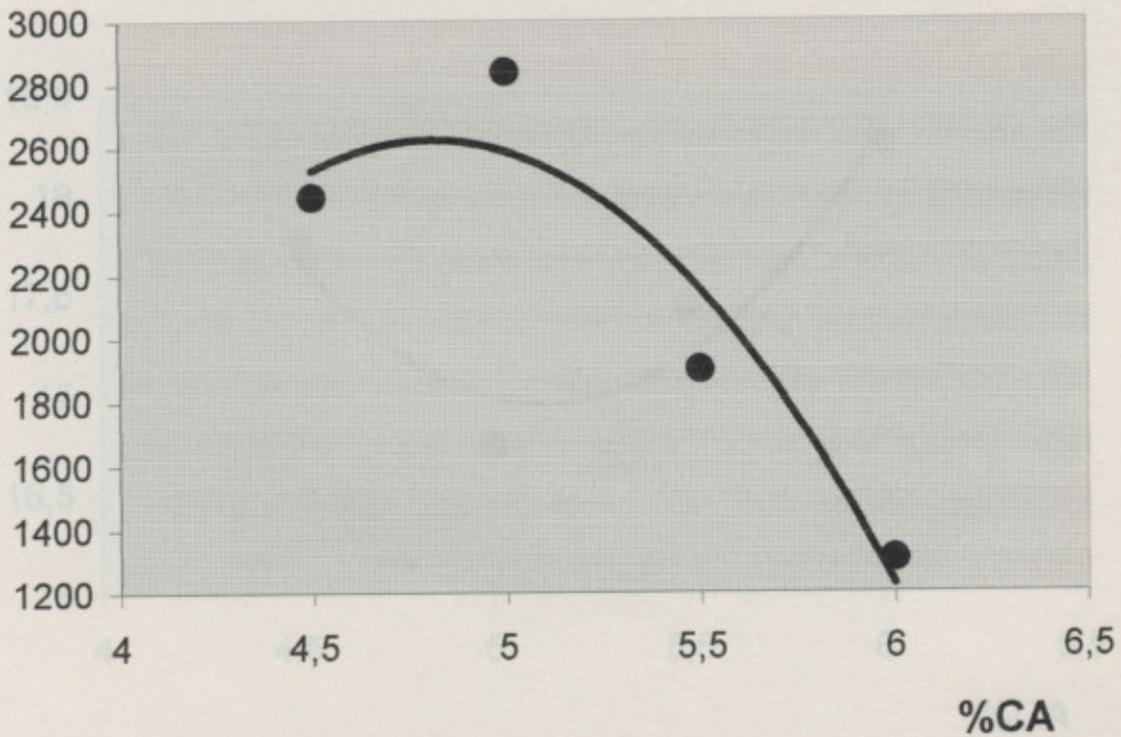
PECOM ASF. AM3

CANTESUR

FLUENCIA



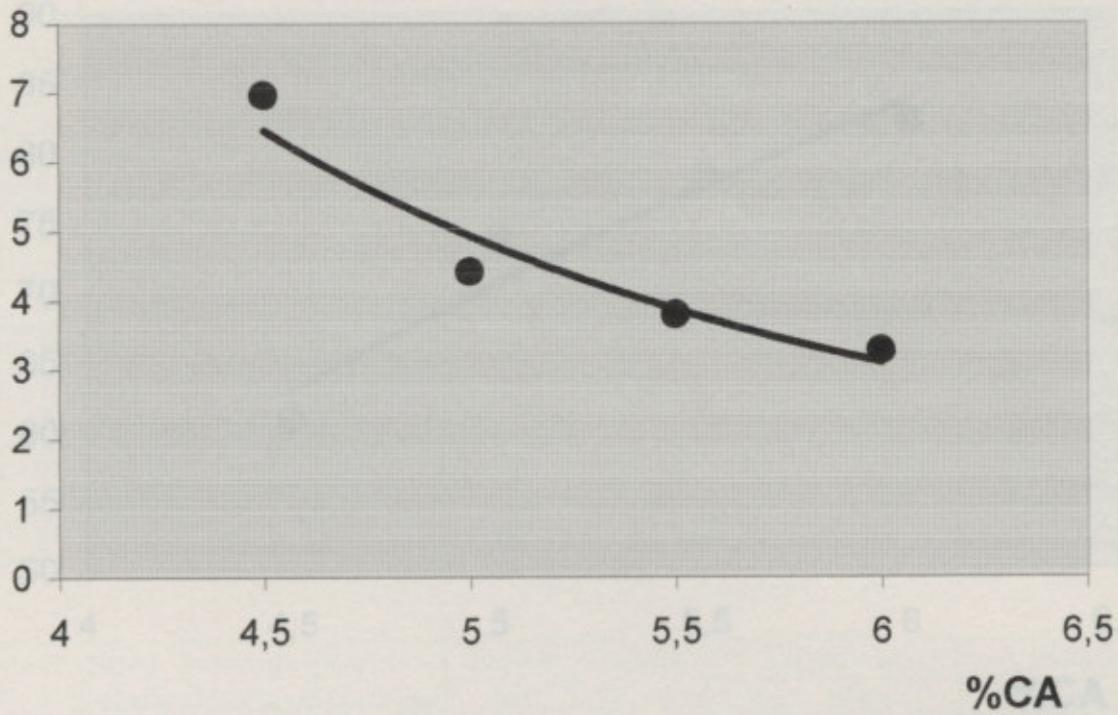
ESTAB./ FLUENCIA



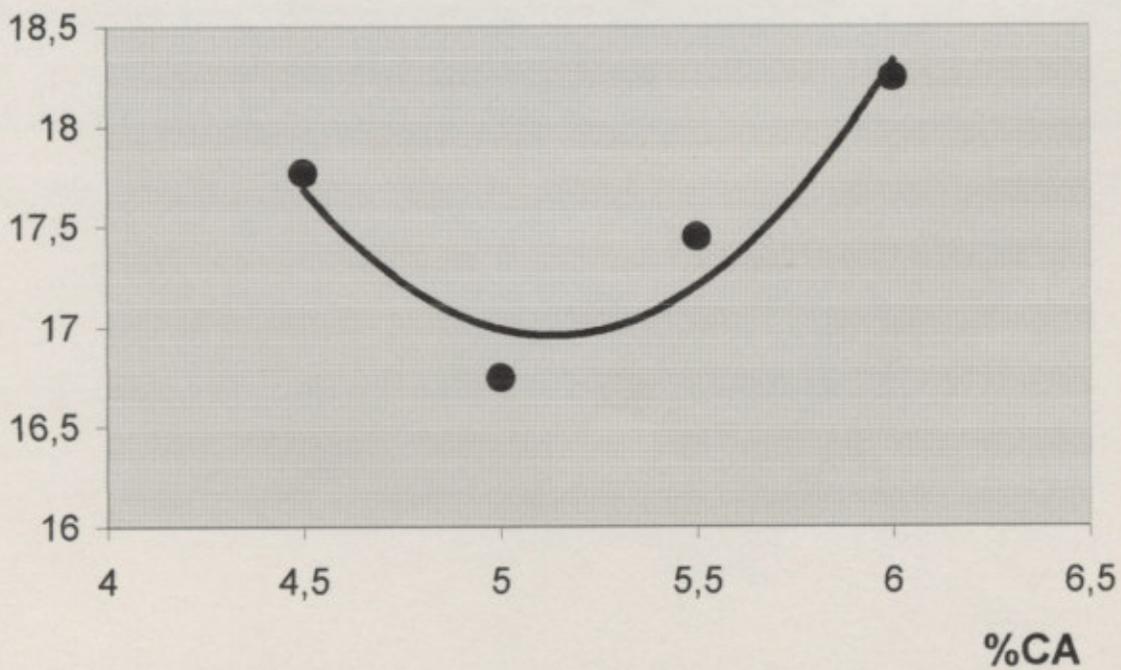
PECOM ASF. AM3

CANTESUR

VACIOS

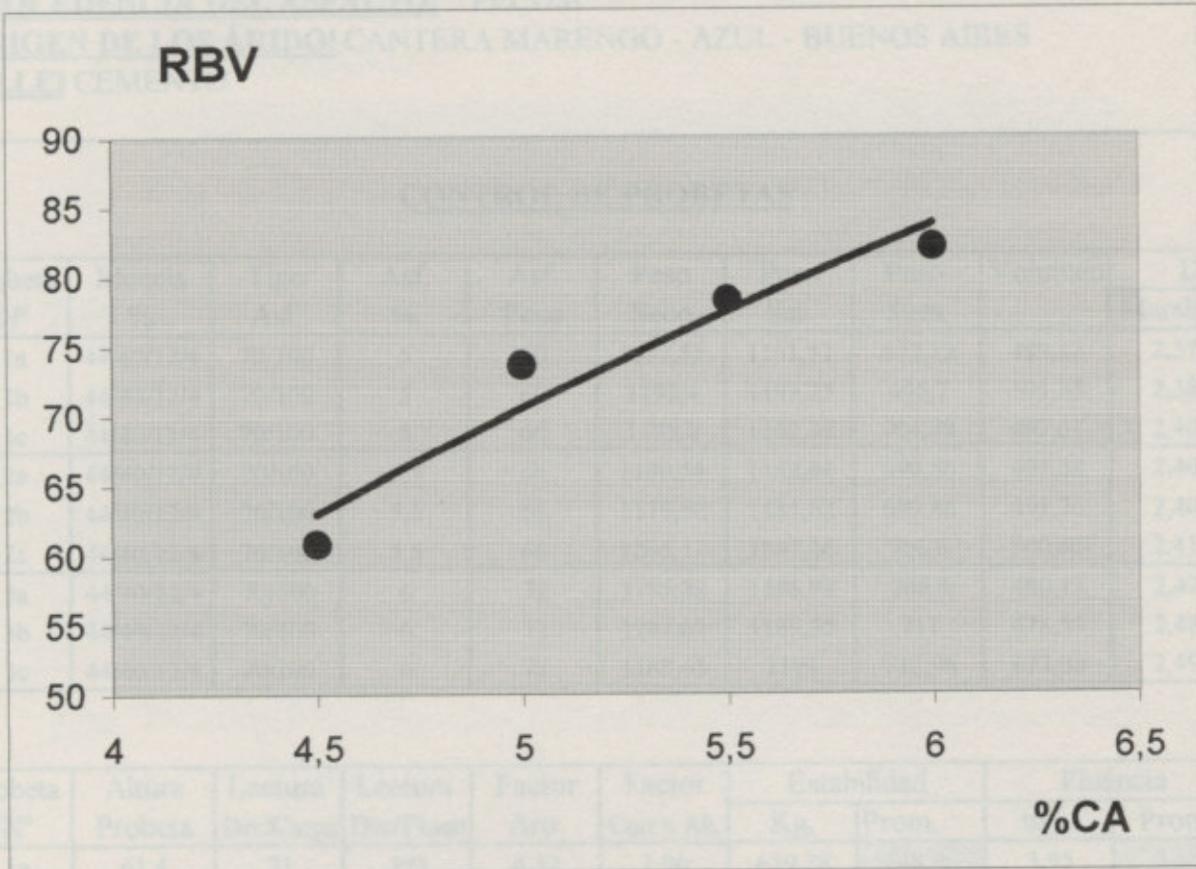


VAM



PECOM ASF. AM3

CANTESUR



Problema	Altura	Longitud	Longitud	Factor	Factor	Estabilidad	Estabilidad	Estabilidad	Estabilidad
	Problema	De X a Y	De X a Y	App.	Car. Ab.	Ka	Prom	Prom	Prom
16	61,4	78	78	8,51	1,02	7016,71	7016,71	1,45	7016,71
18	61,5	67	735	8,53	1	590,34	590,34	1,37	590,34
20	61,6	121	410	8,52	1,05	1992,78	1992,78	1,10	1992,78
22	61,9	92	190	8,52	1,04	813,19	813,19	1,39	813,19
24	62,4	91	305	8,52	1,01	793,67	793,67	1,38	793,67
26	62,3	79	750	8,52	1,01	697,27	697,27	1,38	697,27
28	63,0	84	990	8,52	1,01	773,94	773,94	1,31	773,94
30	63,2	82	984	8,52	0,99	691,97	691,97	1,31	691,97

Dt	Ad	Vena	VAM	RBV
	%	%	%	%
2,4	3	1,2	1,2	1,2
	13	1,14	1,14	1,14
	6	1,12	1,12	1,12

6.1.3 CANTERA MARENGO

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: PECOM

ORIGEN DE LOS ÁRIDOS: CANTERA MARENGO - AZUL - BUENOS AIRES

FILLEI CEMENTO

CONTROL DE PROBETAS

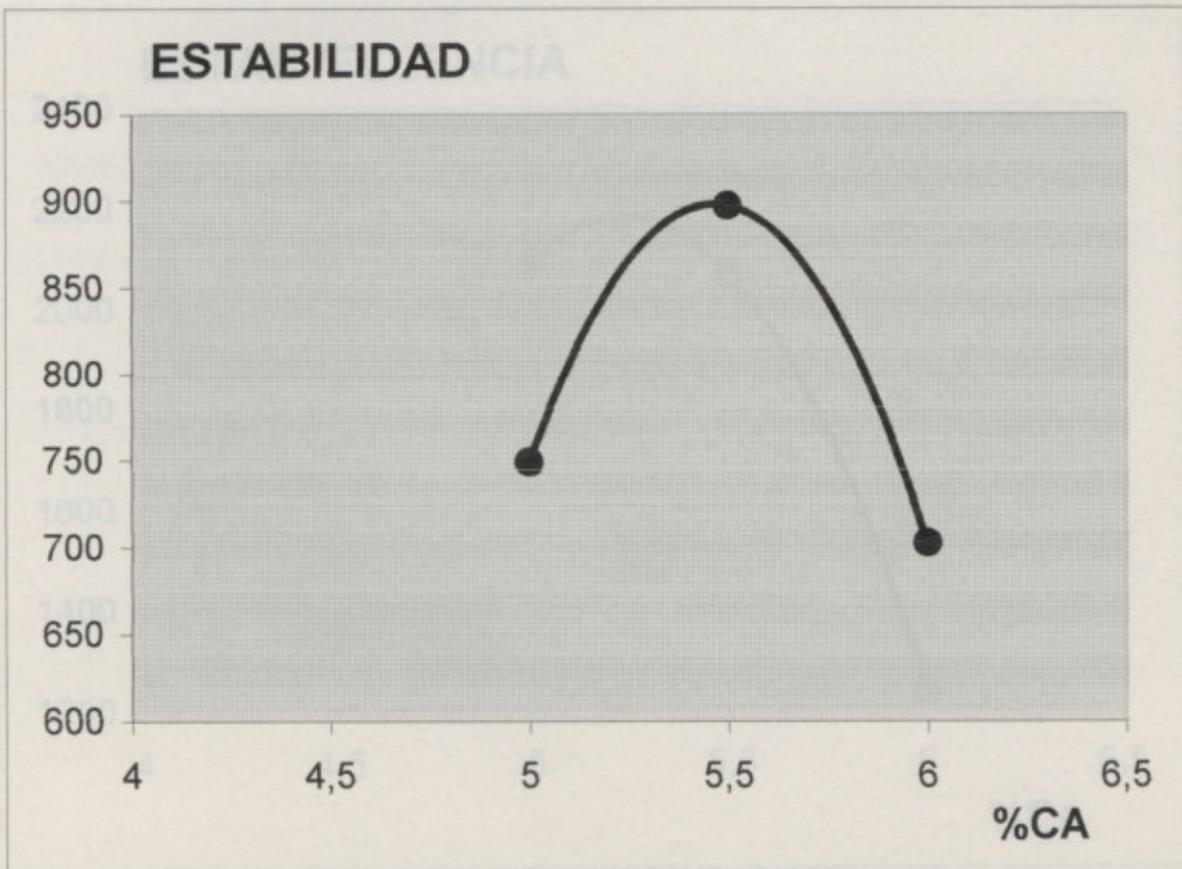
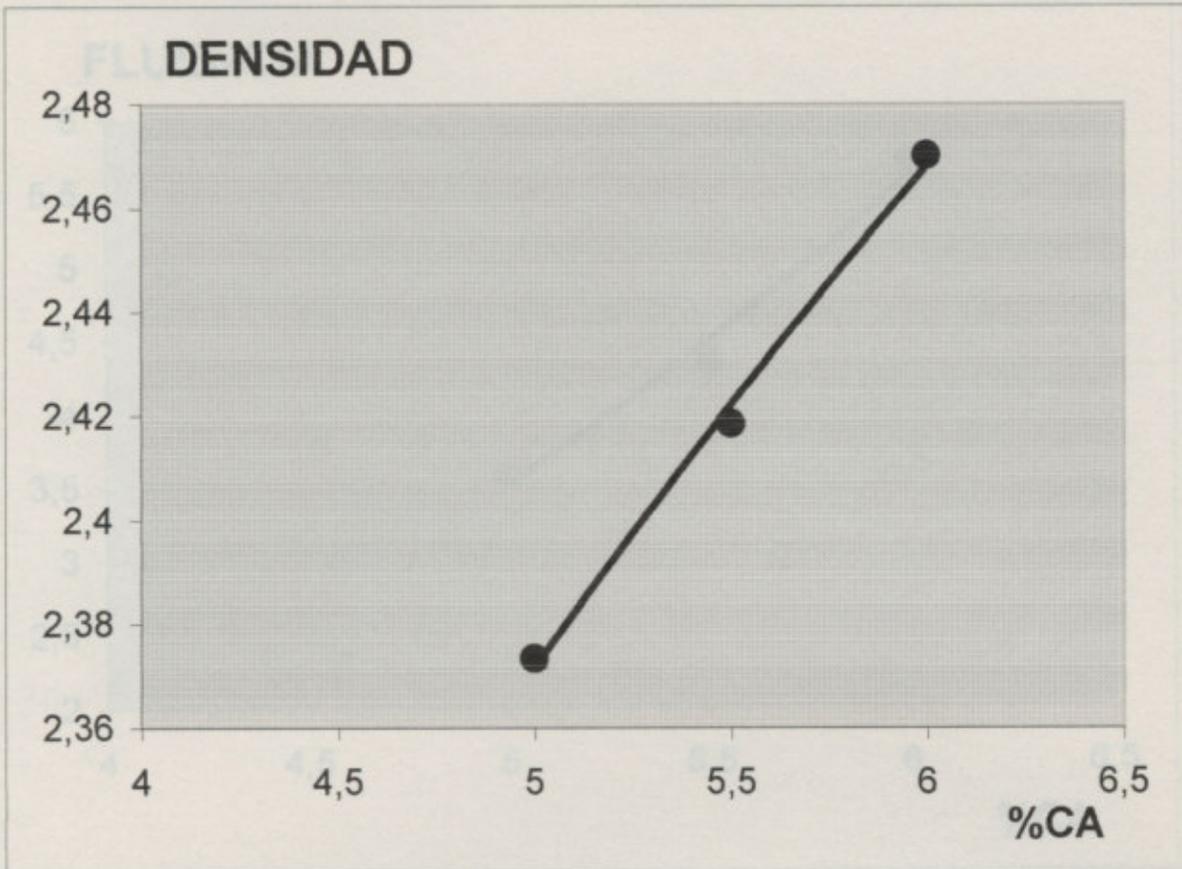
Probeta N°	Mezcla %	Tipo Asf.	Asf. %	Asf. Peso	Peso Seco	Peso Sat.	Peso Sum.	Volumen	Densidad	
									Marshall	Prom.
1a	44/40/12/4	70/100	5	60	1157,55	1161,51	672,39	489,12	2,37	2,38
1b	44/40/12/4	70/100	5	60	1192,4	1197,25	695,7	501,55	2,38	
1c	44/40/12/4	70/100	5	60	1195,8	1202,39	704,78	497,61	2,40	
2a	44/40/12/4	70/100	5,5	66	1180,54	1182,44	690,86	491,58	2,40	2,40
2b	44/40/12/4	70/100	5,5	66	1179,58	1181,62	689,86	491,76	2,40	
2c	44/40/12/4	70/100	5,5	66	1205,11	1207,26	706,6	500,66	2,41	
3a	44/40/12/4	70/100	6	72	1185,22	1186,92	706,8	480,12	2,47	2,48
3b	44/40/12/4	70/100	6	72	1187,62	1189,55	711	478,55	2,48	
3c	44/40/12/4	70/100	6	72	1188,65	1191	713,98	477,02	2,49	

Probeta N°	Altura Probeta	Lectura Div/Carga	Lectura Div/Fluen	Factor Aro	Factor Corr x Alt.	Estabilidad		Fluencia		Estab/ fluen.
						Kg.	Prom.	mm.	Prom.	
1a	61,4	73	395	8,52	1,06	659,28	748,96	3,95	3,58	2094,03
1b	62,8	117	345	8,52	1,02	1016,78		3,45		
1c	63,5	67	333	8,52	1	570,84		3,33		
2a	61,6	121	410	8,52	1,06	1092,78	897,01	4,10	4,35	2062,10
2b	61,9	92	390	8,52	1,04	815,19		3,90		
2c	63,4	91	505	8,52	1,01	783,07		5,05		
3a	62,3	79	550	8,52	1,03	693,27	702,59	5,50	5,71	1230,45
3b	63,0	84	592	8,52	1,01	722,84		5,92		
3c	63,8	82	584	8,52	0,99	691,65		5,84		

Dt	Asf. %	Vacios %	VAM %	RBV %
2,53	5	5,93	18,34	66,75
	5,5	5,14	16,86	71,98
	6	1,97	17,83	88,28

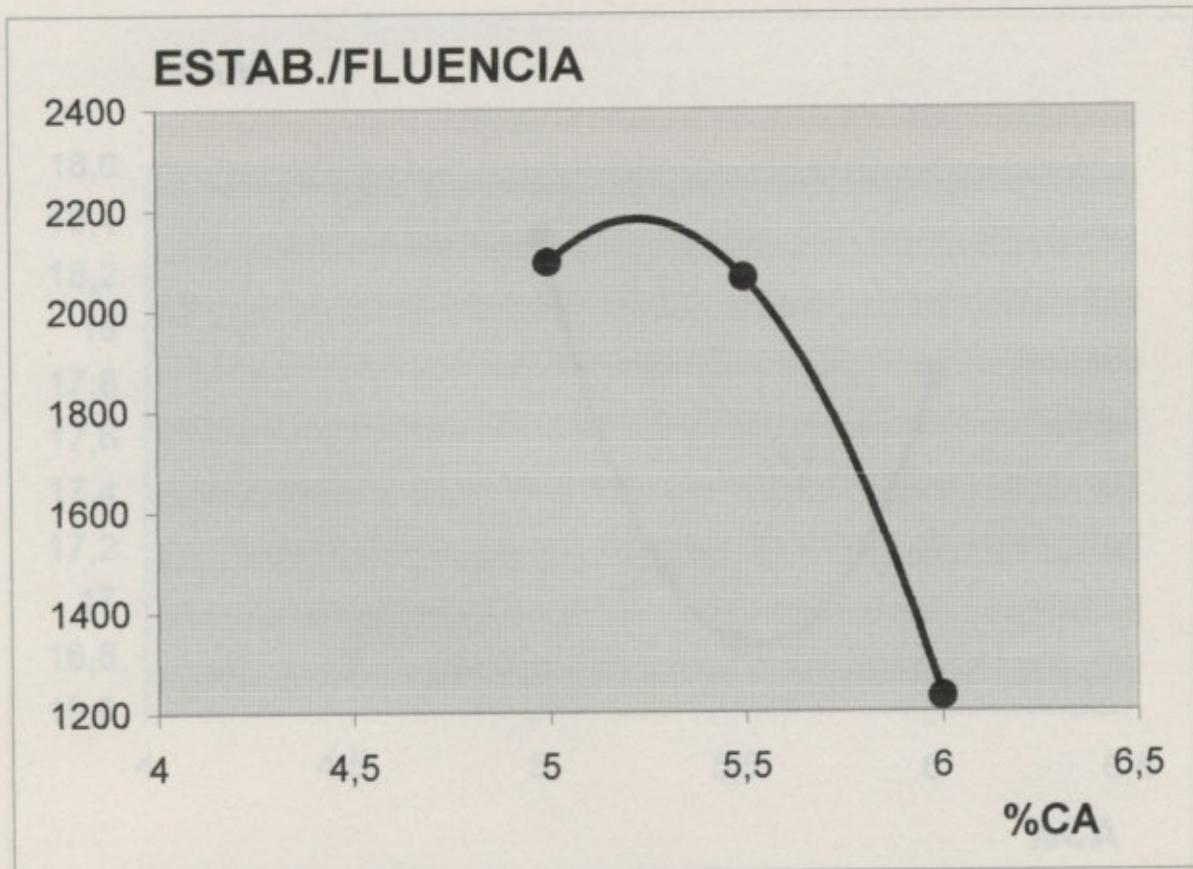
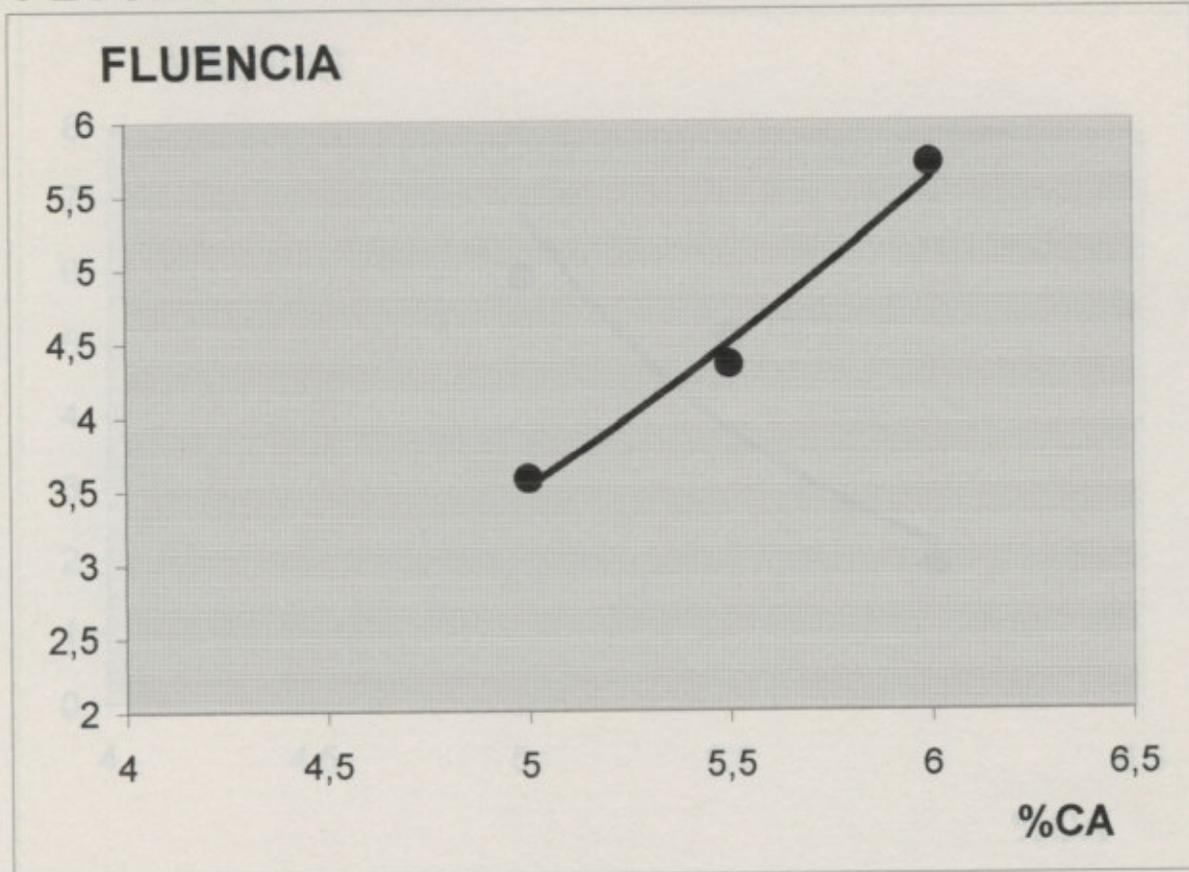
PECOM ASF. 70/100

MARENGO



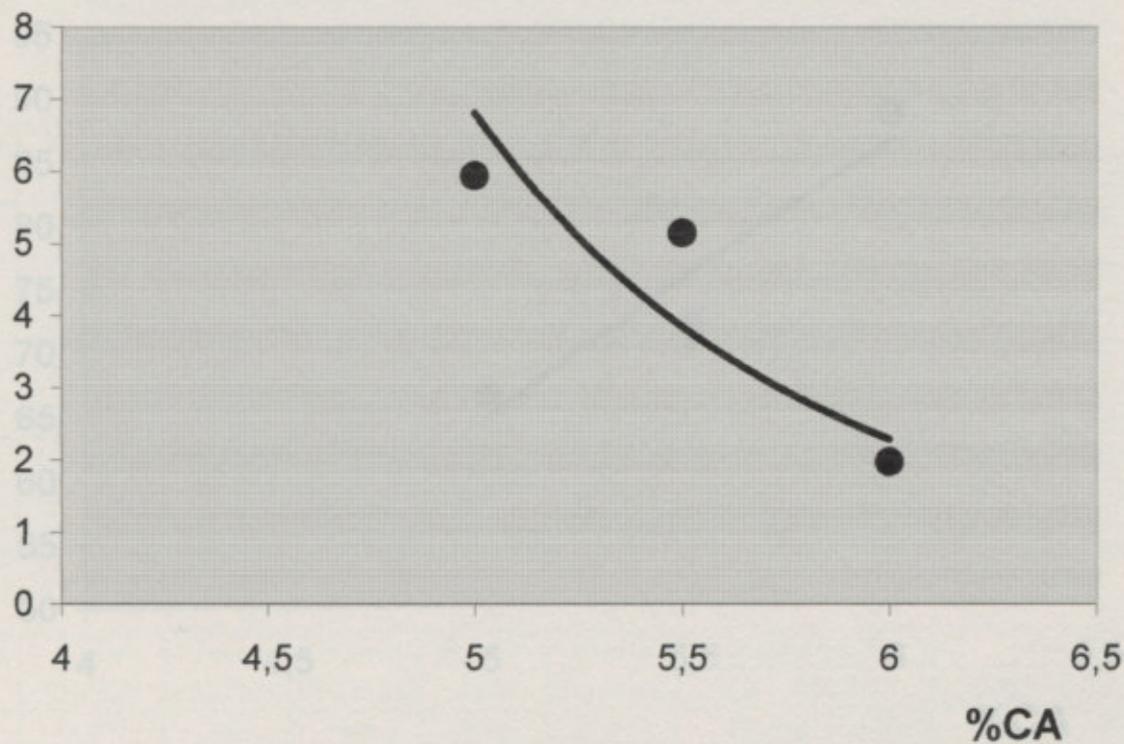
PECOM ASF. 70/100

MARENGO

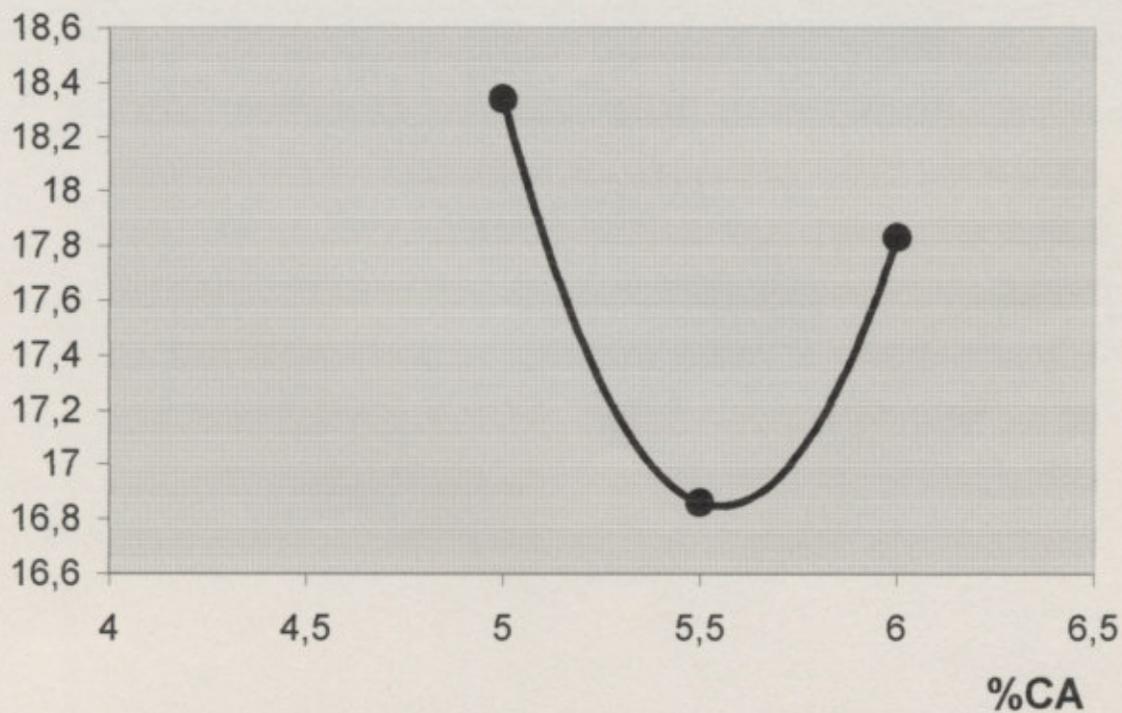


PECOM ASF. 70/100 70/100 MARENGO MARENGO

VACIOS



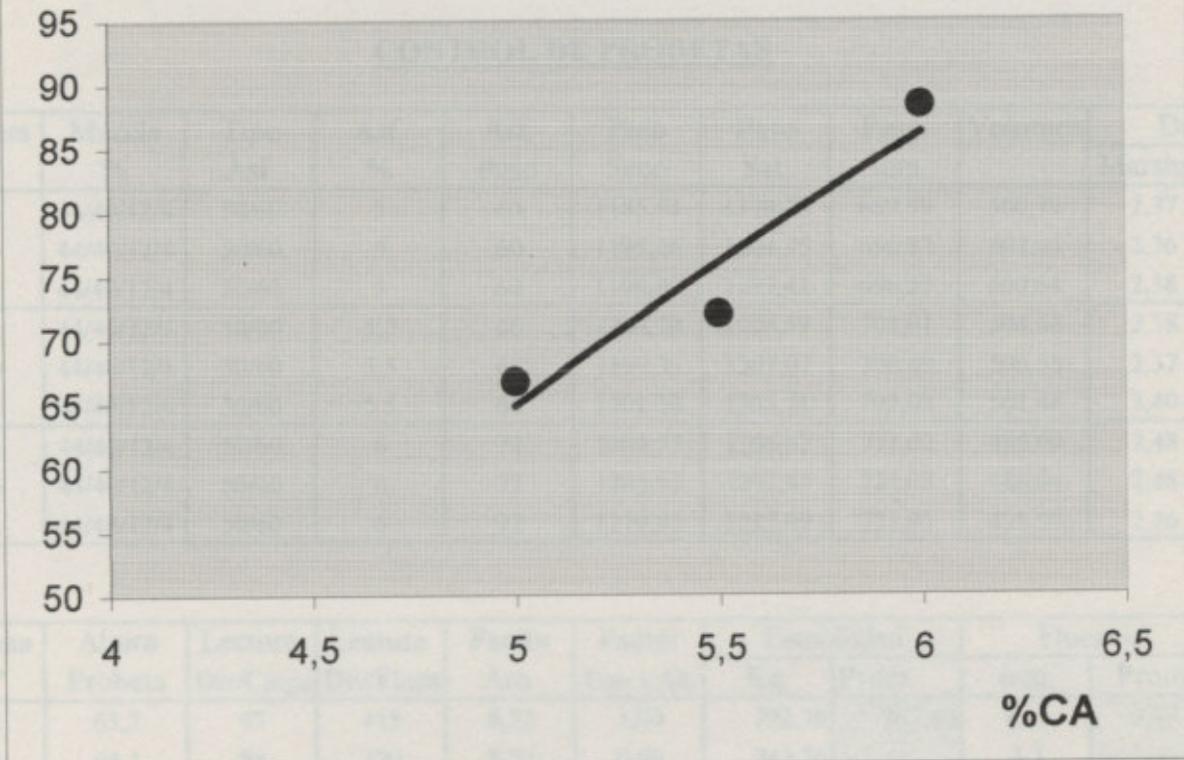
VAM



PECOM ASF. 70/100

MARENGO

RBV



Dt	Asf	Vacior	VAM	RBV
	%	%	%	%
2.53	5	2.05%	10.1%	67.1
	5.5	2.51%	12.4	73
	6	2.97%	17.5	89

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: PECOM

ORIGEN DE LOS ÁRIDOS: CANTERA MARENGO - AZUL -BUENOS AIRES

FILLEI CEMENTO

CONTROL DE PROBETAS

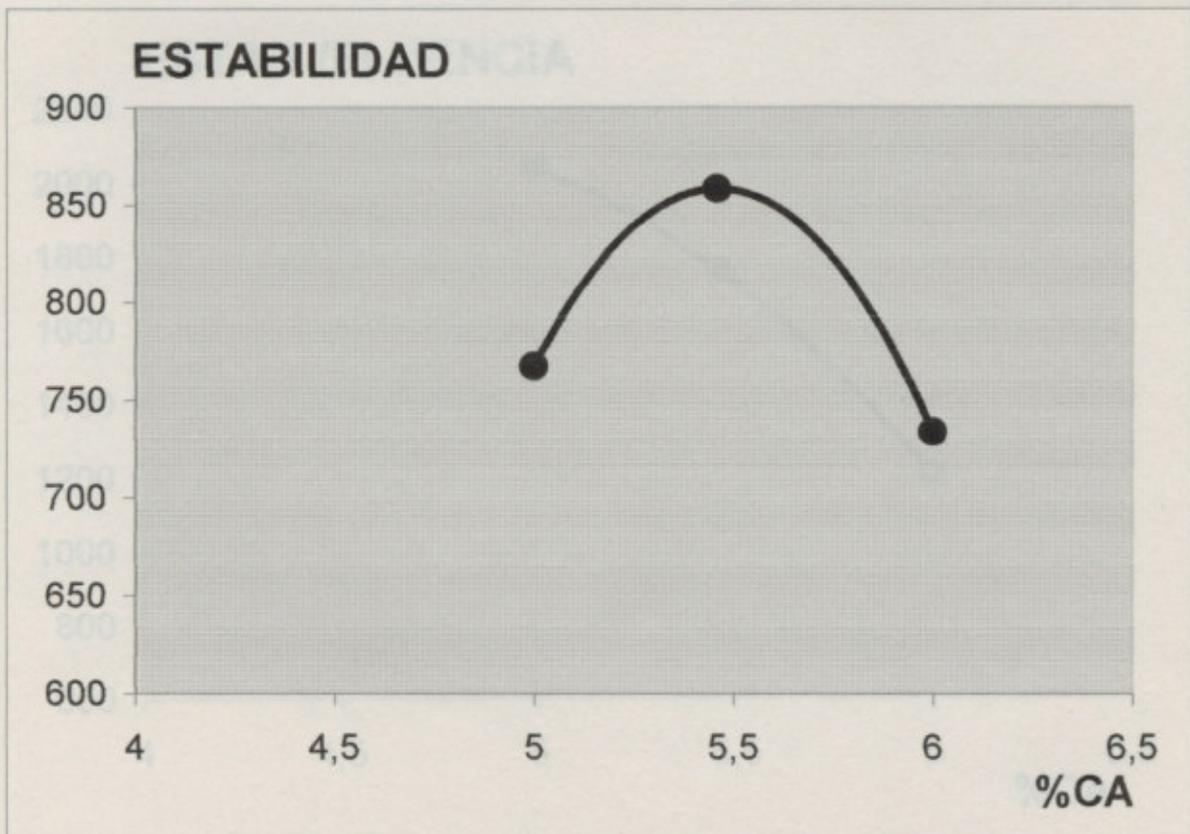
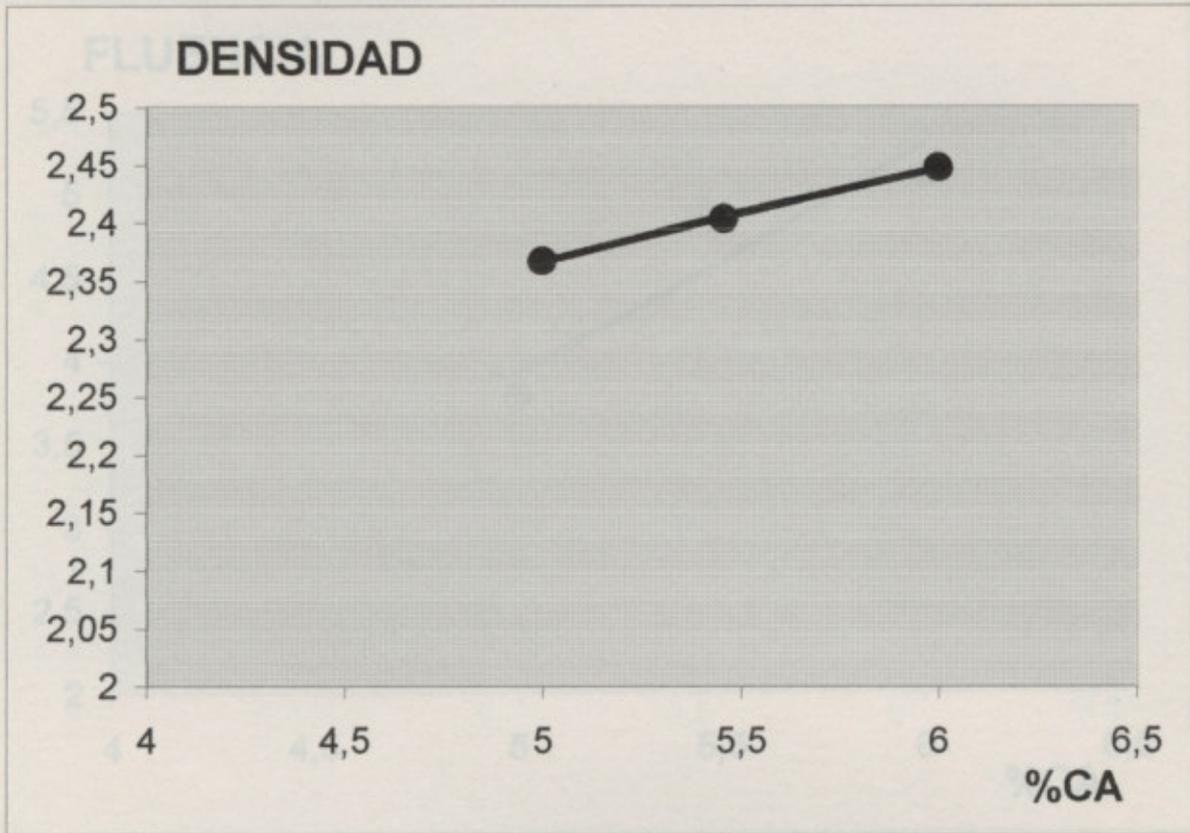
Probeta N°	Mezcla %	Tipo Asf.	Asf. %	Asf. Peso	Peso Seco	Peso Sat.	Peso Sum.	Volumen	Densidad	
									Marshall	Prom.
1a	44/40/12/4	50/60	5	60	1185,54	1190,78	689,99	500,79	2,37	2,37
1b	44/40/12/4	50/60	5	60	1198,26	1204,75	696,82	507,93	2,36	
1c	44/40/12/4	50/60	5	60	1190,88	1197,41	696,57	500,84	2,38	
2a	44/40/12/4	50/60	5,5	66	1200,70	1205,69	701,01	504,68	2,38	2,38
2b	44/40/12/4	50/60	5,5	66	1199,36	1207,07	700,49	506,58	2,37	
2c	44/40/12/4	50/60	5,5	66	1201,20	1203,51	702,03	501,48	2,40	
3a	44/40/12/4	50/60	6	72	1204,57	1206,62	721,02	485,60	2,48	2,47
3b	44/40/12/4	50/60	6	72	1205,63	1207,67	721,03	486,64	2,48	
3c	44/40/12/4	50/60	6	72	1210,02	1212,09	721,03	491,06	2,46	

Probeta N°	Altura Probeta	Lectura Div/Carga	Lectura Div/Fluen	Factor Aro	Factor Corr x Alt.	Estabilidad		Fluencia		Estab/ fluen.
						Kg.	Prom.	mm.	Prom.	
1a	63,7	93	415	8,52	1,00	792,36	767,40	4,15	3,77	2033,74
1b	64,1	88	370	8,52	0,99	742,26		3,7		
1c	63,7	91	347	8,52	0,99	767,57		3,47		
2a	63,0	117	483	8,52	1,01	1006,81	858,50	4,83	4,88	1759,23
2b	64,2	86	499	8,52	0,99	725,39		4,99		
2c	63,2	98	482	8,52	1,01	843,31		4,82		
3a	63,7	77	560	8,52	0,99	649,48	733,83	5,6	6,10	1203,00
3b	63,8	84	590	8,52	0,99	708,52		5,9		
3c	64,0	100	680	8,52	0,99	843,48		6,8		

Dt	Asf. %	Vacios %	VAM %	RBV %
2,53	5	4,32	17,17	75,2
	5,5	4,93	17,19	78,6
	6	2,37	17,65	62,2

PECOM ASF.50/60

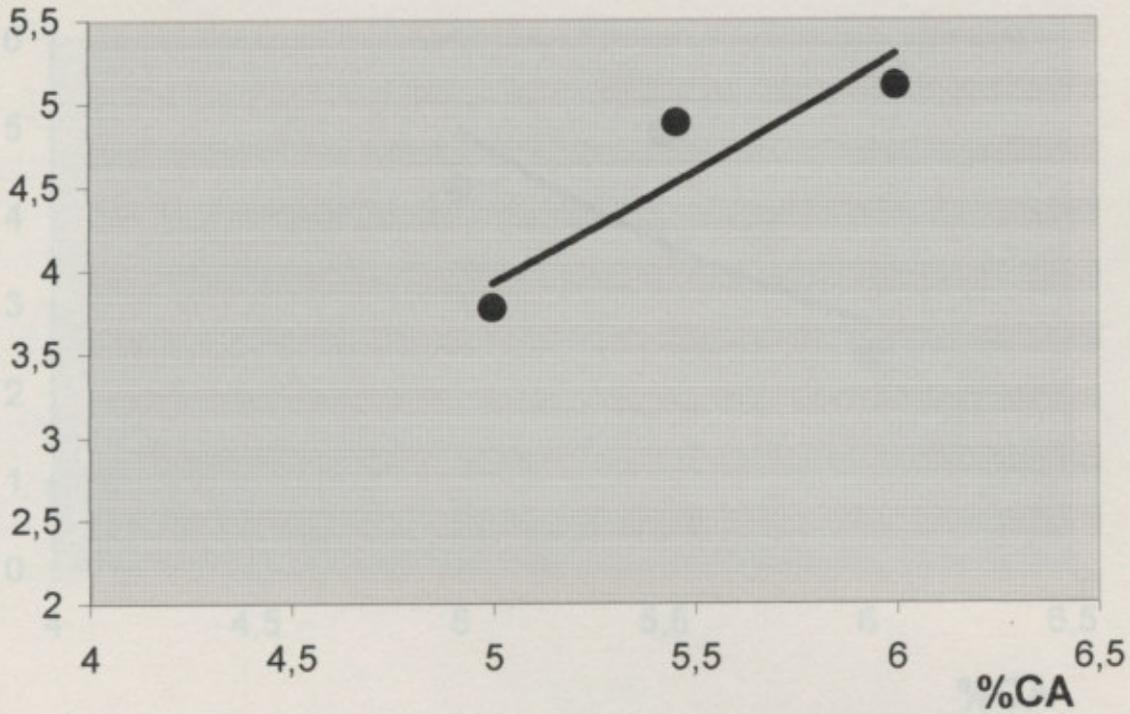
MARENGO



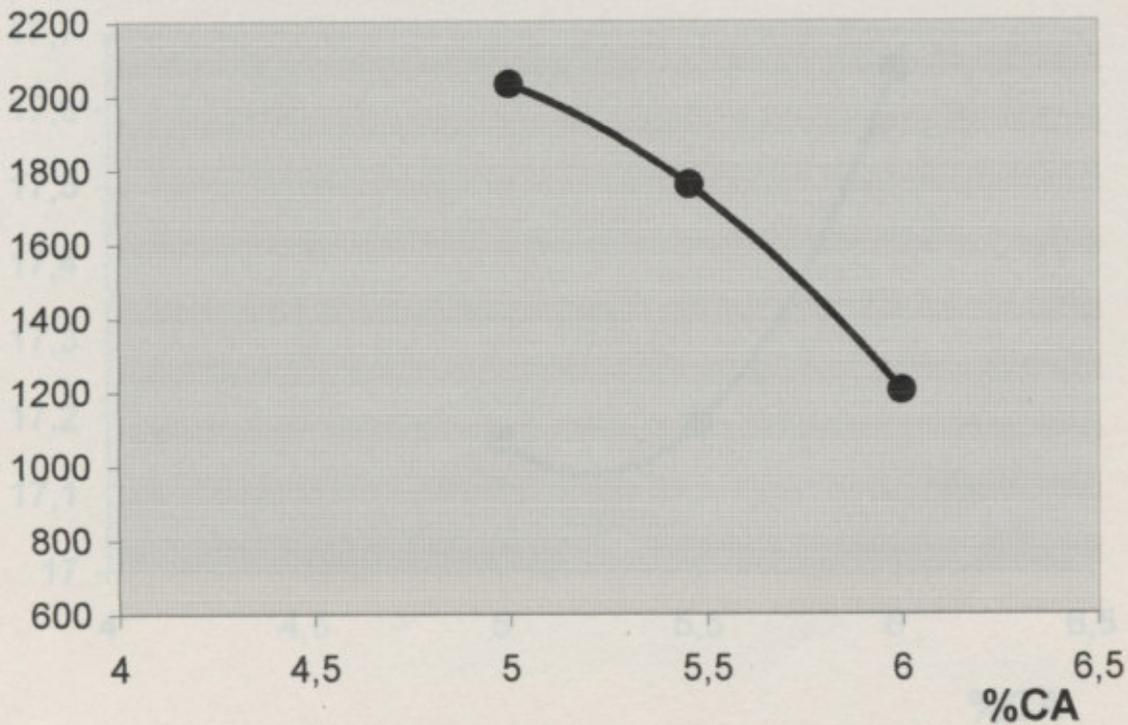
PECOM ASF.50/60

MARENGO

FLUENCIA

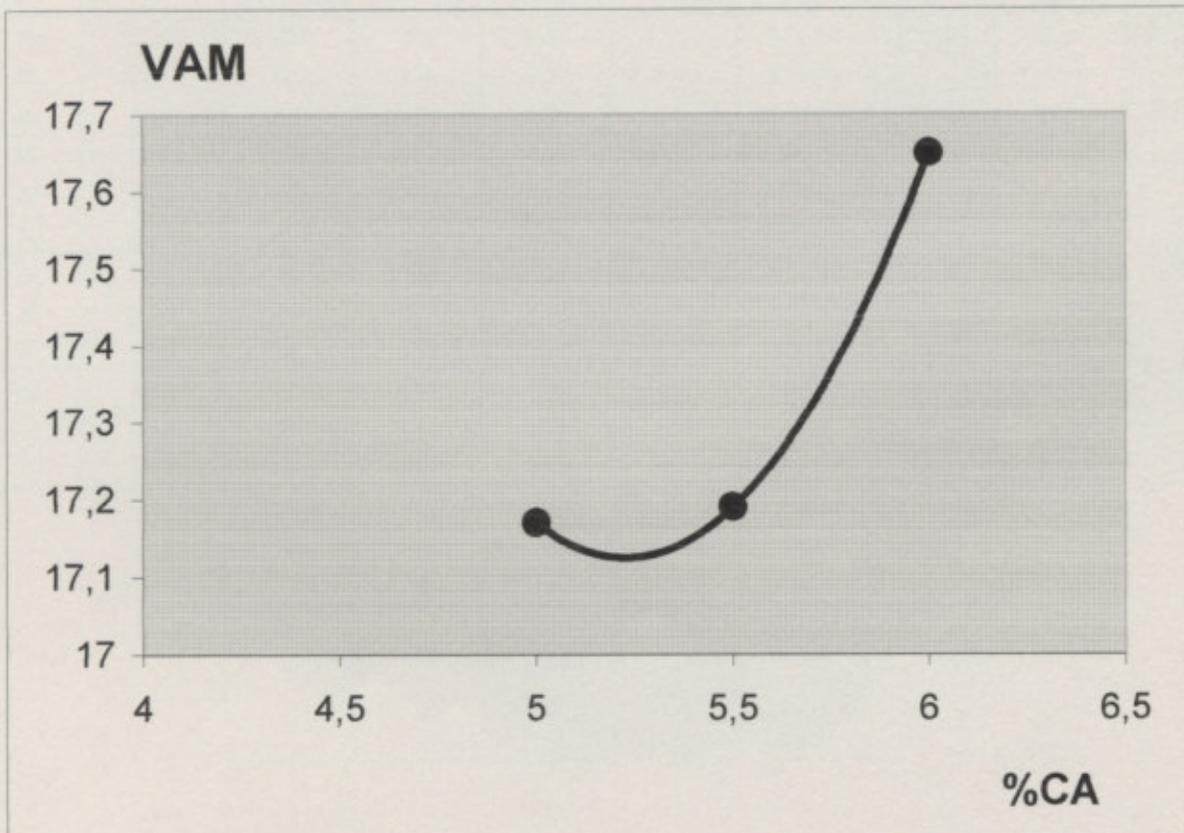
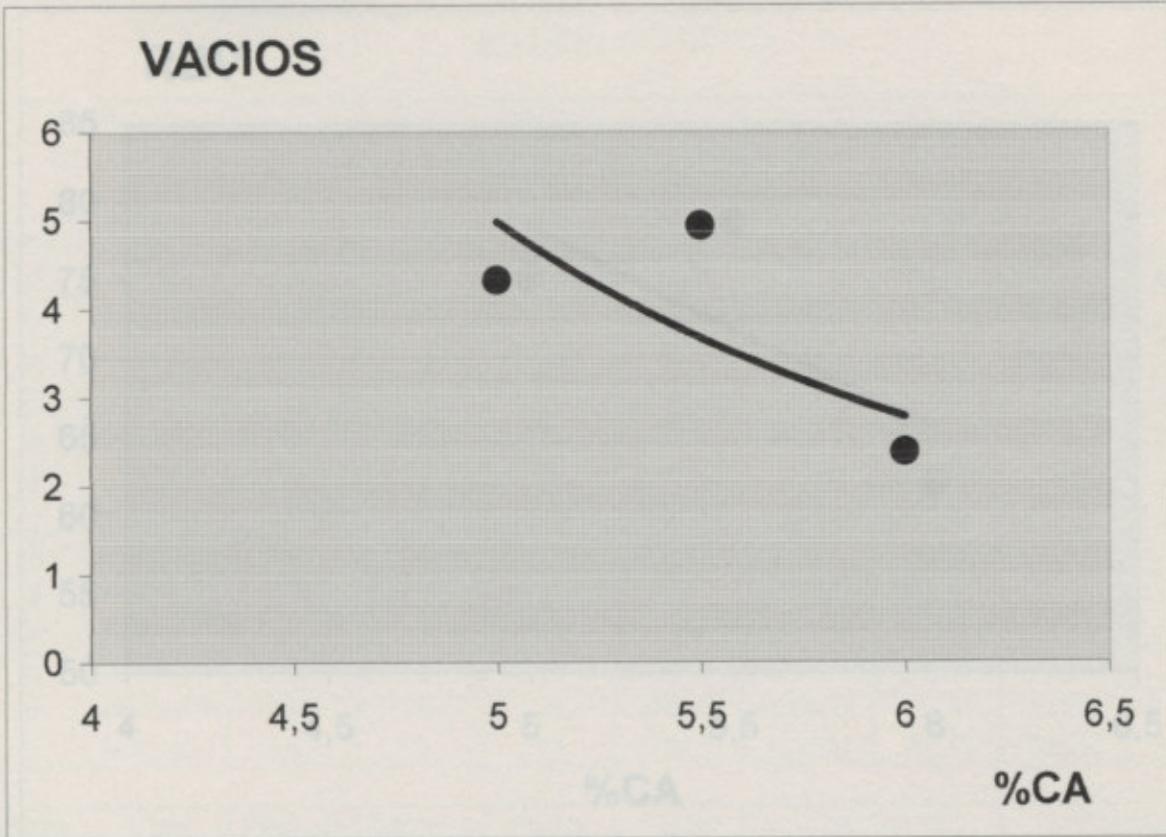


ESTAB./FLUENCIA



PECOM ASF.50/60

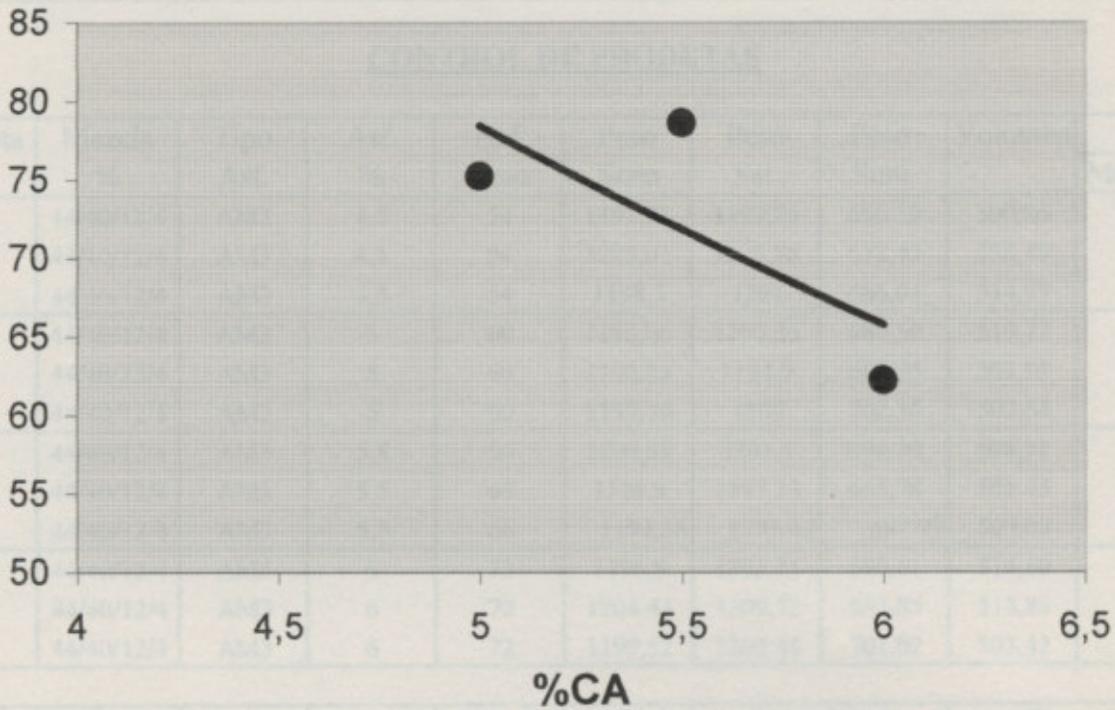
MARENGO



PECOM ASF.50/60

MARENGO

RBV



Ch	Asf	Yodo	VAH	RBV
	%	%	%	%
2.44	4.3	4.3	1.80	75.1
	5.0	4.8	2.00	79.1
	5.5	4.5	1.80	62.1
	6	5.0	1.80	62.1

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: PECOM

ORIGEN DE LOS ÁRIDOS : CANTERA MARENGO - AZUL - BUENOS AIRES

FILLER: CEMENTO

CONTROL DE PROBETAS

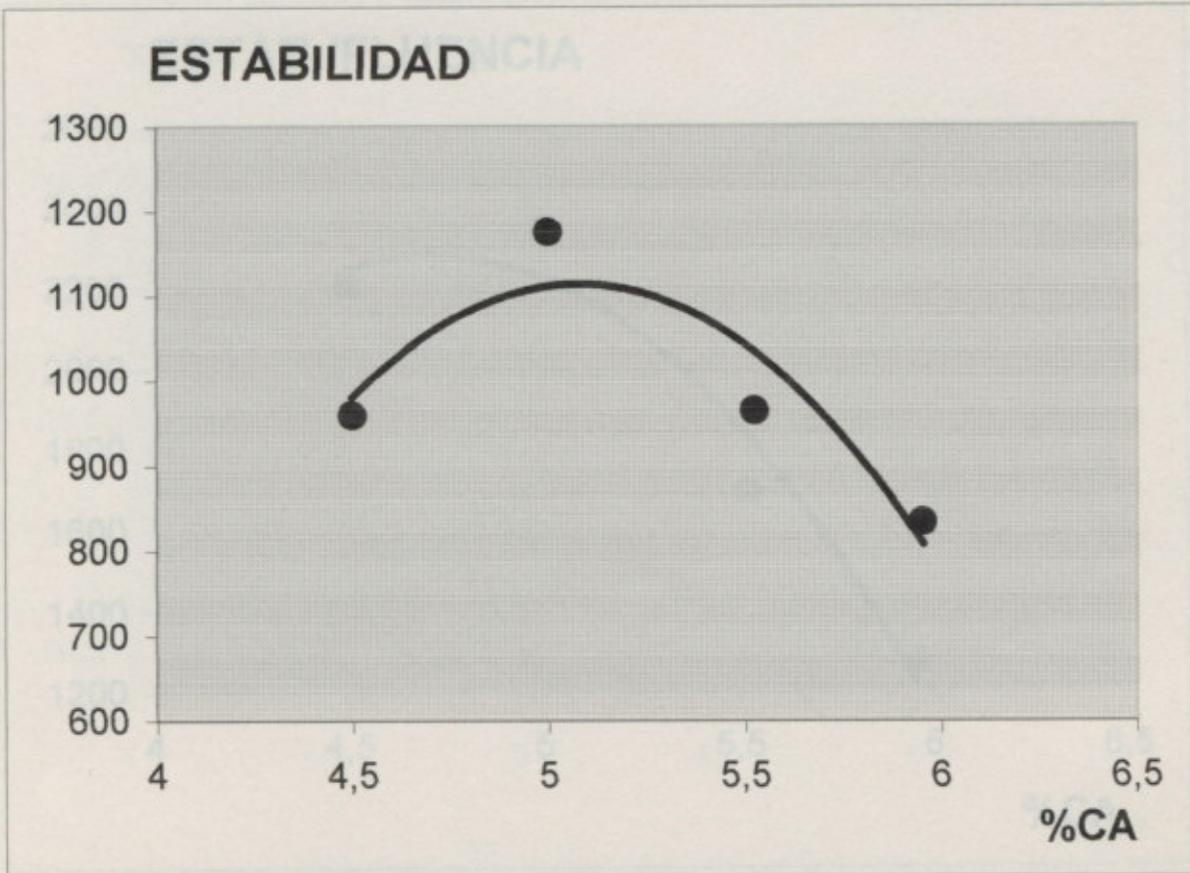
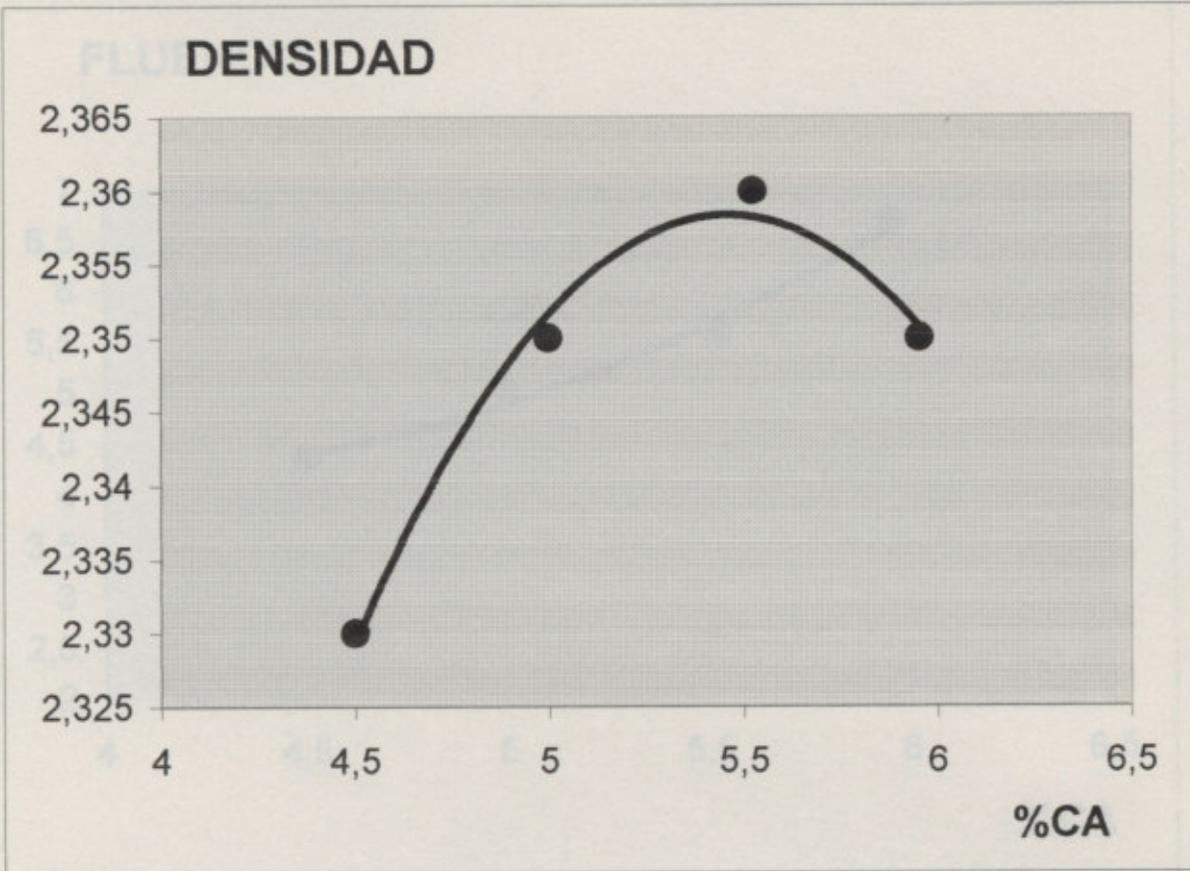
Probeta N°	Mezcla %	Tipo Asf.	Asf. %	Asf. Peso	Peso Seco	Peso Sat.	Peso Sum.	Volumen	Densidad	
									Marshall	Prom.
1a	44/40/12/4	AM3	4,5	54	1192,53	1197,25	696,39	500,86	2,38	2,33
1b	44/40/12/4	AM3	4,5	54	1205,01	1206,98	678,49	528,49	2,28	
1c	44/40/12/4	AM3	4,5	54	1198,3	1201	686,01	514,99	2,33	
2a	44/40/12/4	AM3	5	60	1193,06	1200,36	680,59	519,77	2,30	2,35
2b	44/40/12/4	AM3	5	60	1192,22	1194,9	690,95	503,95	2,37	
2c	44/40/12/4	AM3	5	60	1199,56	1205	702,36	502,64	2,39	
3a	44/40/12/4	AM3	5,5	66	1200,58	1203,1	694,39	508,71	2,36	2,36
3b	44/40/12/4	AM3	5,5	66	1194,8	1197,23	695,78	501,45	2,38	
3c	44/40/12/4	AM3	5,5	66	1192,28	1195,02	687,97	507,05	2,35	
4a	44/40/12/4	AM3	6	72	1196,8	1203,71	689,61	514,10	2,33	2,35
3b	44/40/12/4	AM3	6	72	1204,44	1209,73	693,85	515,88	2,33	
3c	44/40/12/4	AM3	6	72	1199,52	1202,44	701,02	501,42	2,39	

Probeta N°	Altura Probeta	Lectura Div/Carga	Lectura Div/Fluen	Factor Aro	Factor Corr x Alt.	Estabilidad		Fluencia		Estab/ fluen.
						Kg.	Prom.	mm.	Prom.	
1a	63,7	107	449	8,52	1	911,64	959,58	4,49	4,35	2204,24
1b	63,83	112	433	8,52	0,99	944,70		4,33		
1c	63,4	120	424	8,52	1	1022,40		4,24		
2a	63,9	124	497	8,52	0,99	1045,92	1175,25	4,97	5,01	2347,37
2b	64,1	155	503	8,52	0,99	1307,39		5,03		
2c	64	139	502	8,52	0,99	1172,44		5,02		
3a	65,6	83	525	8,52	0,95	671,80	939,59	5,25	5,55	1691,93
3b	64,1	135	566	8,52	0,99	1138,70		5,66		
3c	64,7	122	575	8,52	0,97	1008,26		5,75		
4a	64,7	121	674	8,52	0,87	896,90	844,84	6,74	6,65	1270,44
3b	65,4	94	622	8,52	0,96	768,84		6,22		
3c	63,8	103	699	8,52	0,99	868,78		6,99		

Dt	Asf. %	Vacios %	VAM %	RBV %
2,44	4,5	4,50	14,99	69,9
	5,0	3,68	15,44	76,1
	5,5	3,28	17,44	81,2
	6	3,10	18,45	83,34

PECOM ASF. AM3

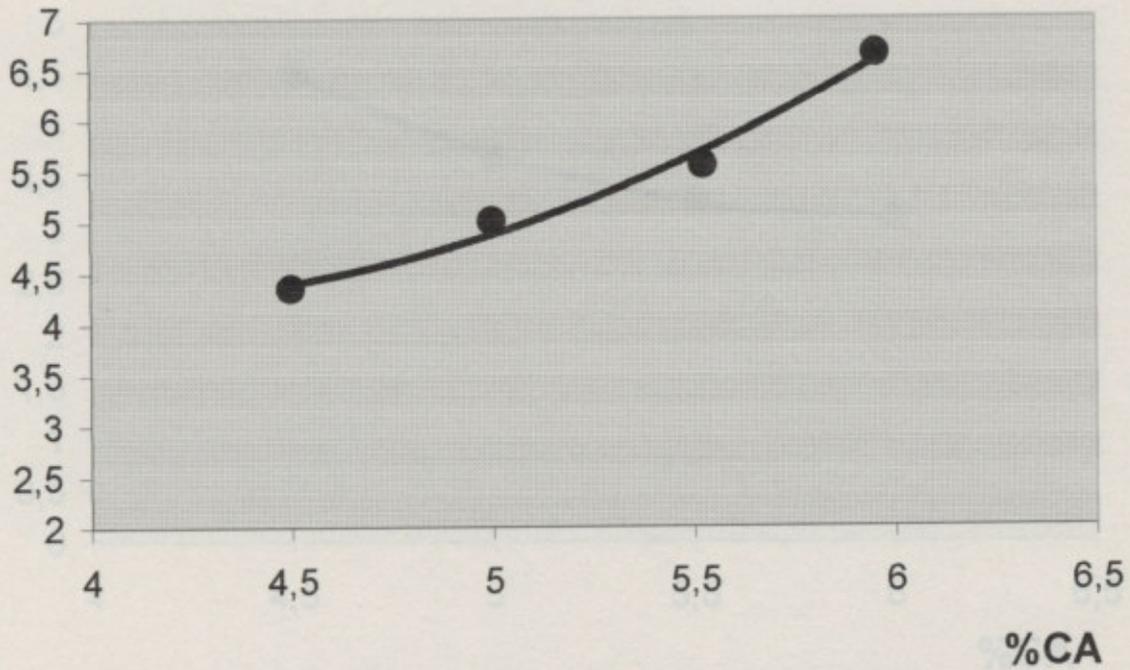
MARENGO



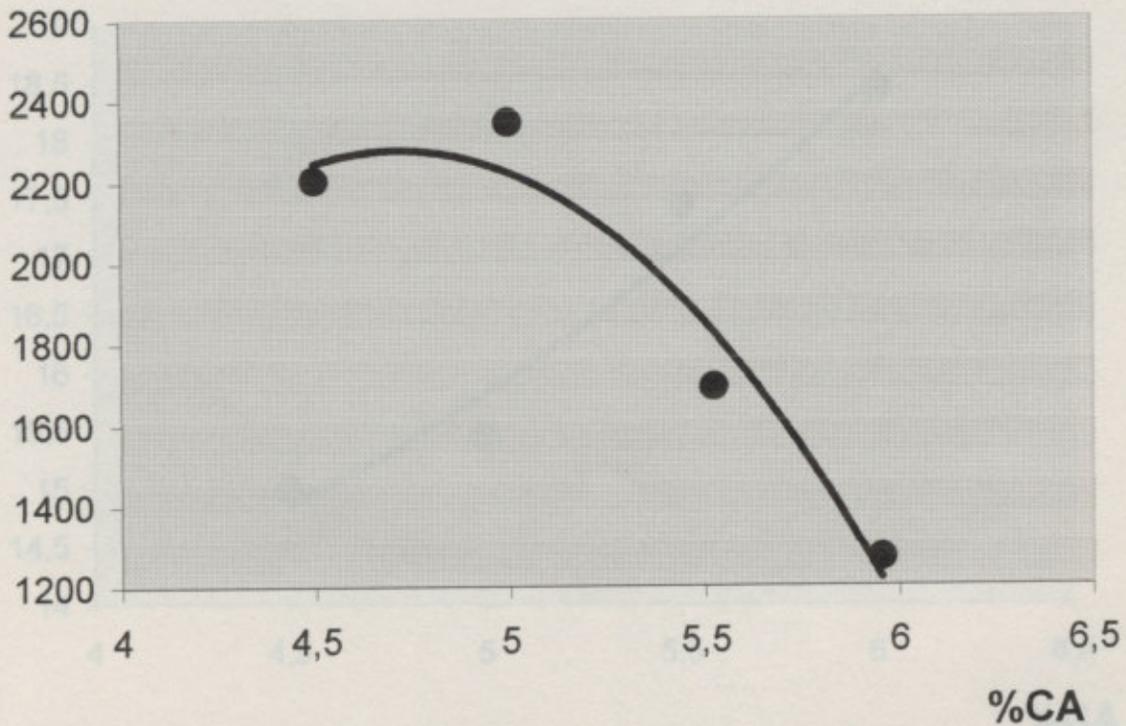
PECOM ASF. AM3

MARENGO

FLUENCIA



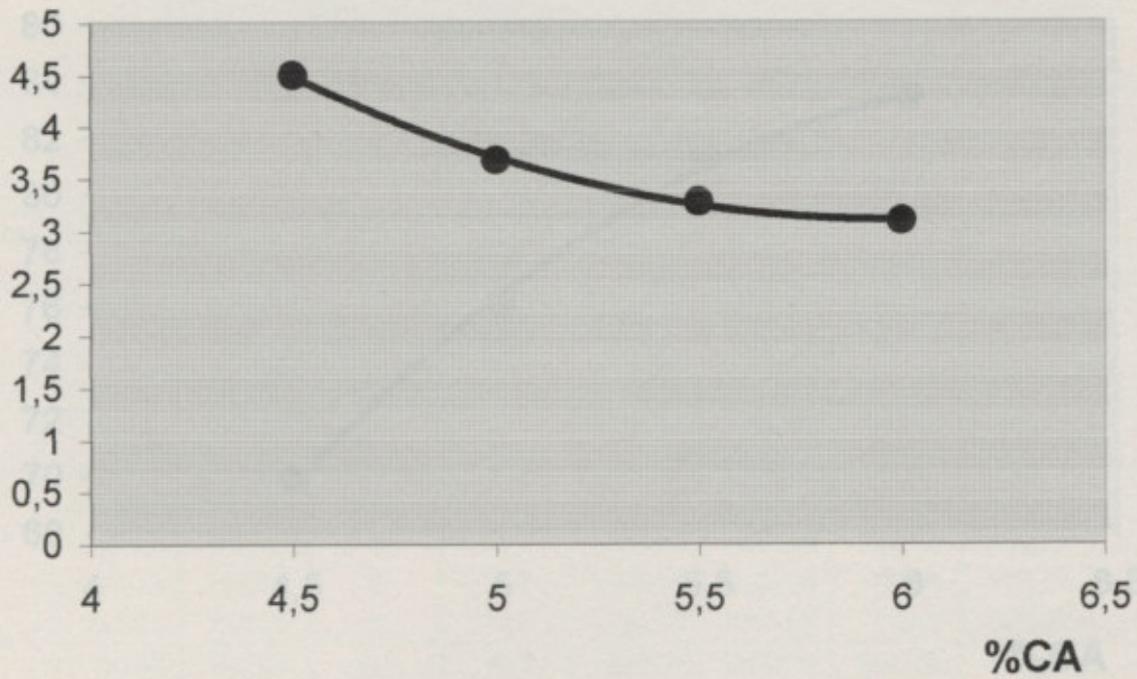
ESTAB./FLUENCIA



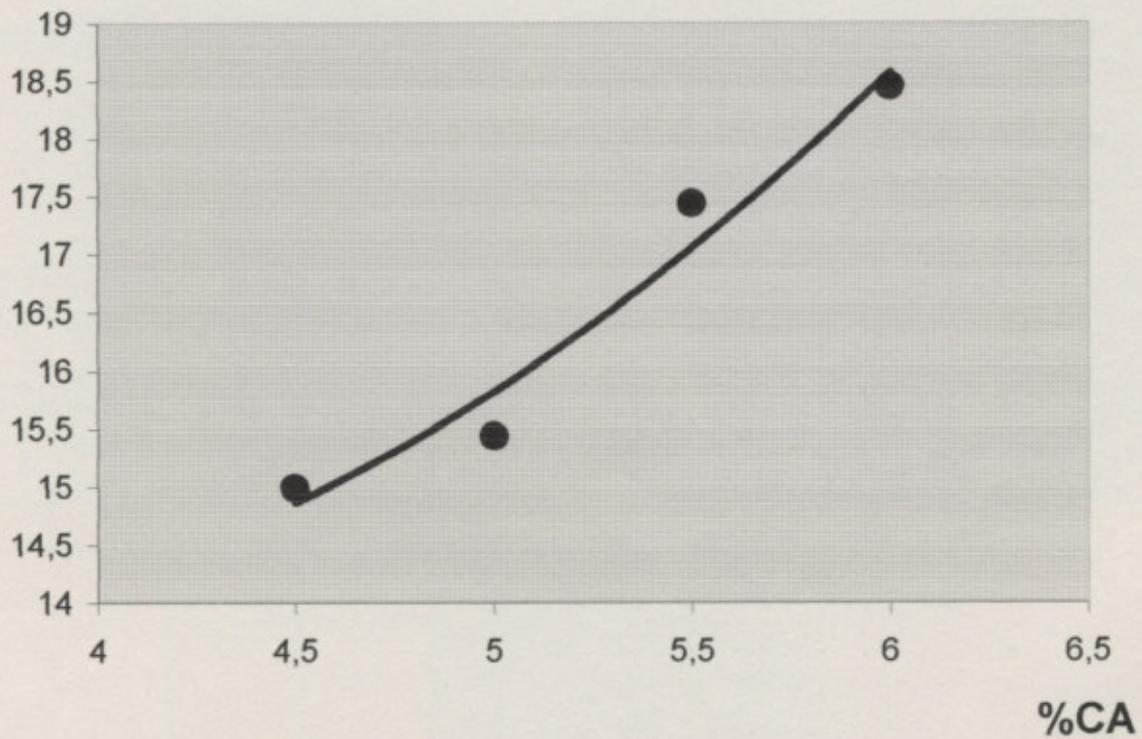
PECOM ASF. AM3

MARENGO

VACIOS



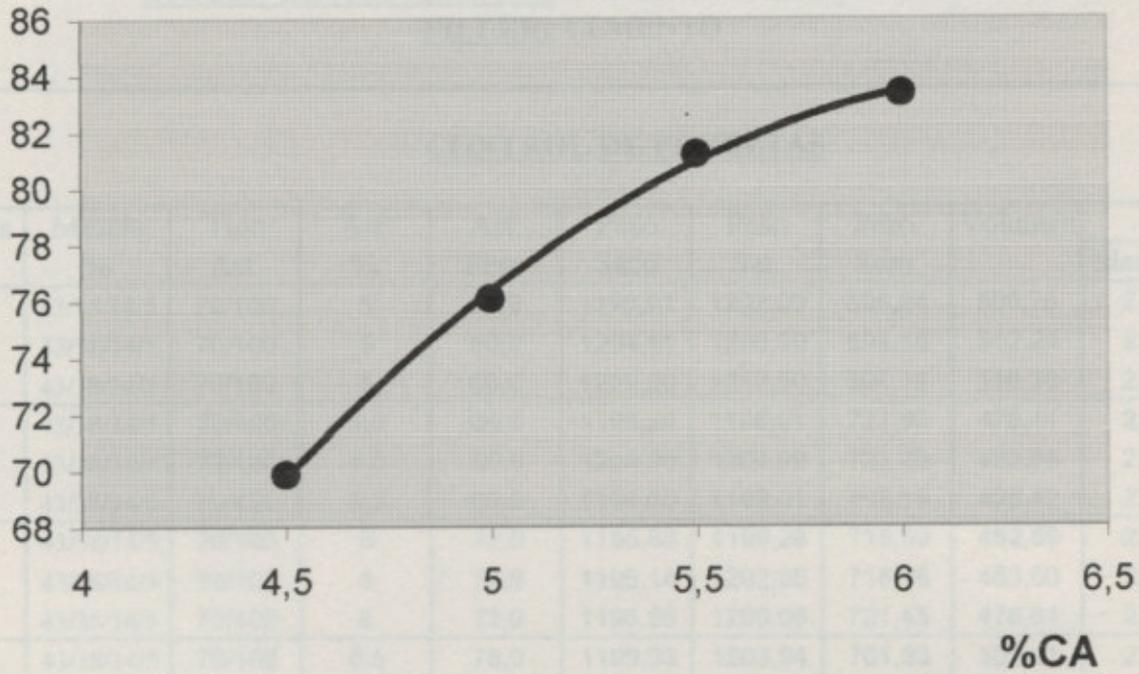
VAM



PECOM ASF. AM3

MARENGO

RBV



Probeta	Alura	Lechura	Lechura	Factor	Factor	Estabilidad	Fluencia	Estab/
Nº	Probeta	Div/Carga	Div/Flora	Asp	Car x Asp	Kg	Prom	Autv
1a	61,2	75	302	8,52	1,01	654,09	3,09	107,41
1b	64,0	75	388	8,52	0,99	641,54	3,29	
1c	65,3	75	307	8,52	1,01	671,21	3,07	
2a	61,7	97	374	8,52	1,04	619,58	3,34	107,35
2b	62,3	98	408	8,52	1,03	668,78	4,05	
2c	63,0	95	441	8,52	1,02	625,59	4,11	
3a	60,5	65	335	8,52	1,09	632,25	3,35	107,78
3b	61,2	100	329	8,52	1,01	603,65	3,28	
3c	61,3	110	339	8,52	1,04	674,66	3,32	
4a	63,1	85	380	8,52	1,01	757,36	4,50	107,14
4b	62,7	92	394	8,52	1,02	794,52	4,54	
4c	61,5	95	386	8,52	1,05	848,87	5,05	

Dr	Ad	Vozca	VAM	RBV
1,31	1	10,24	28,74	1,32
	1,1	1,1	1,1	1,1
	1,2	1,2	1,2	1,2
	1,3	1,3	1,3	1,3

6.2 VALORES DE ASFALTOS PROCEDENTES DE YPF Y AGREGADOS DE DISTINTAS CANTERAS

6.2.1 CANTERA BASALTO

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: YPF

ORIGEN DE LOS ÁRIDOS : CANTERA BASALTO- RIO III -CÓRDOBA

FILLER: CEMENTO

CONTROL DE PROBETAS

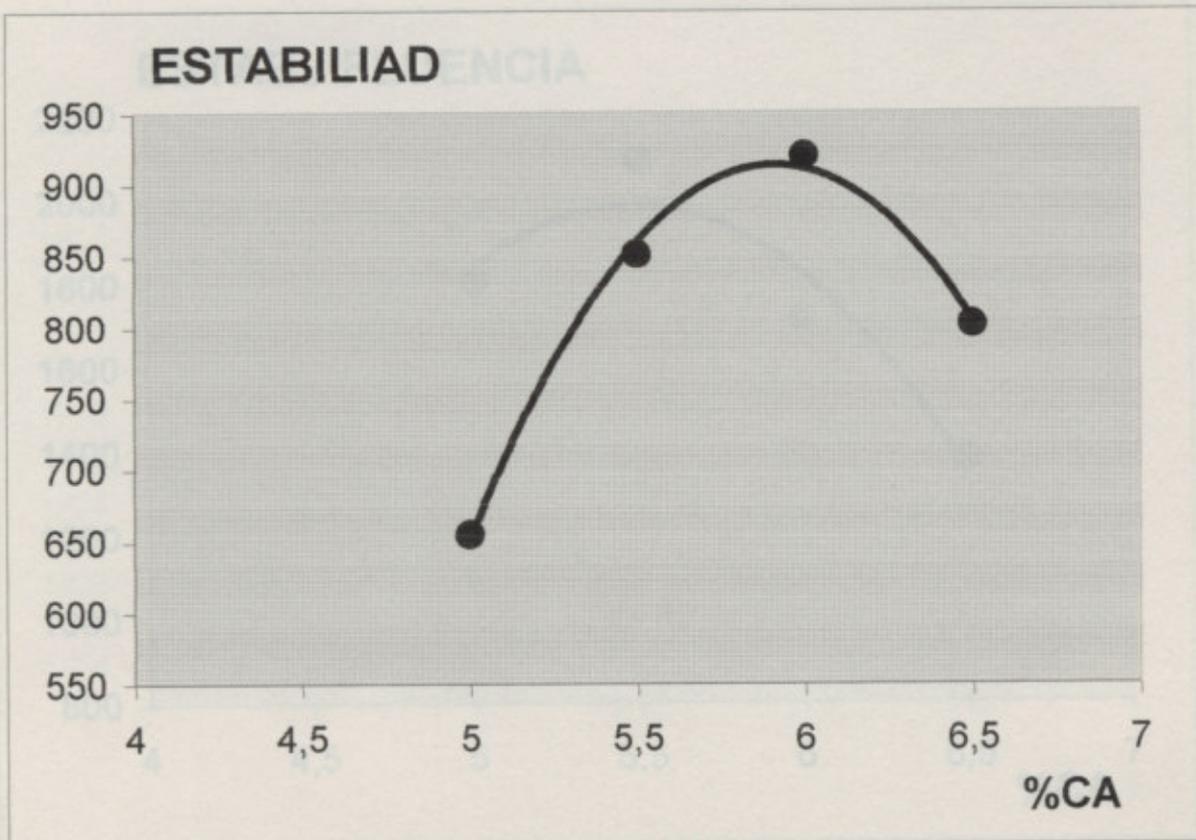
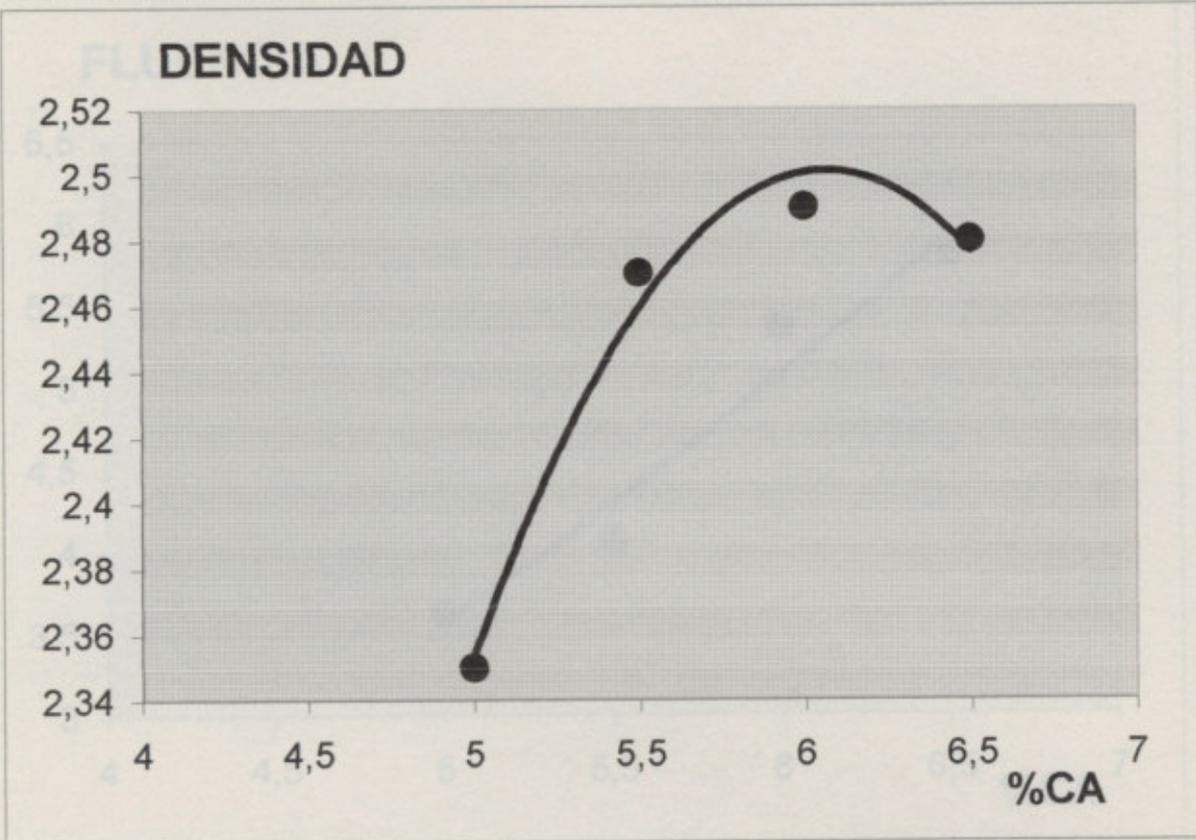
Probeta N°	Mezcla %	Tipo Asf.	Asf. %	Asf. Peso	Peso Seco	Peso Sat.	Peso Sum.	Volumen	Densidad	
									Marshall	Prom.
1a	43/38/14/5	70/100	5	60,0	1198,91	1202,00	695,24	506,76	2,37	2,35
1b	43/38/14/5	70/100	5	60,0	1204,81	1206,39	694,15	512,24	2,35	
1c	43/38/14/5	70/100	5	60,0	1209,20	1212,50	694,12	518,38	2,33	
2a	43/38/14/5	70/100	5,5	66,0	1195,24	1198,01	721,60	476,41	2,51	2,47
2b	43/38/14/5	70/100	5,5	66,0	1200,26	1204,99	722,06	482,93	2,49	
2c	43/38/14/5	70/100	5,5	66,0	1194,60	1199,01	702,59	496,42	2,41	
3a	43/38/14/5	70/100	6	72,0	1195,86	1198,28	715,39	482,89	2,48	2,49
3b	43/38/14/5	70/100	6	72,0	1199,14	1202,36	718,76	483,60	2,48	
3c	43/38/14/5	70/100	6	72,0	1196,55	1200,06	721,45	478,61	2,50	
4a	43/38/14/5	70/100	6,5	78,0	1199,33	1203,94	701,33	502,61	2,39	2,48
4b	43/38/14/5	70/100	6,5	78,0	1201,30	1204,70	683,20	521,50	2,30	
4c	43/38/14/5	70/100	6,5	78,0	1200,25	1202,20	688,40	513,80	2,34	

Probeta N°	Altura Probeta	Lectura Div/Carga	Lectura Div/Fluen	Factor Aro	Factor Corr x Alt.	Estabilidad		Fluencia		Estab/ fluen.
						Kg.	Prom.	mm.	Prom.	
1a	63,2	76	392	8,52	1,01	654,00	655,42	3,92	3,63	1807,21
1b	64,0	76	389	8,52	0,99	641,04		3,89		
1c	63,3	78	307	8,52	1,01	671,21		3,07		
2a	61,7	97	374	8,52	1,04	859,50	851,29	3,74	4,07	2093,34
2b	62,3	99	405	8,52	1,03	868,78		4,05		
2c	63,0	95	441	8,52	1,02	825,59		4,41		
3a	60,5	95	535	8,52	1,09	882,25	920,16	5,35	5,36	1717,78
3b	63,2	105	539	8,52	1,01	903,55		5,39		
3c	63,3	110	533	8,52	1,04	974,69		5,33		
4a	63,1	88	580	8,52	1,01	757,26	802,21	5,80	5,80	1383,13
4b	62,7	92	594	8,52	1,02	799,52		5,94		
4c	61,5	95	566	8,52	1,05	849,87		5,66		

Dt	Asf. %	Vacios %	VAM %	RBV %
2,52	5	6,74	18,49	63,55
	5,5	3,11	16,68	81,35
	6	2,37	17,28	71,56
	6,5	1,01	17,13	94,10

YPF ASF. 70/100

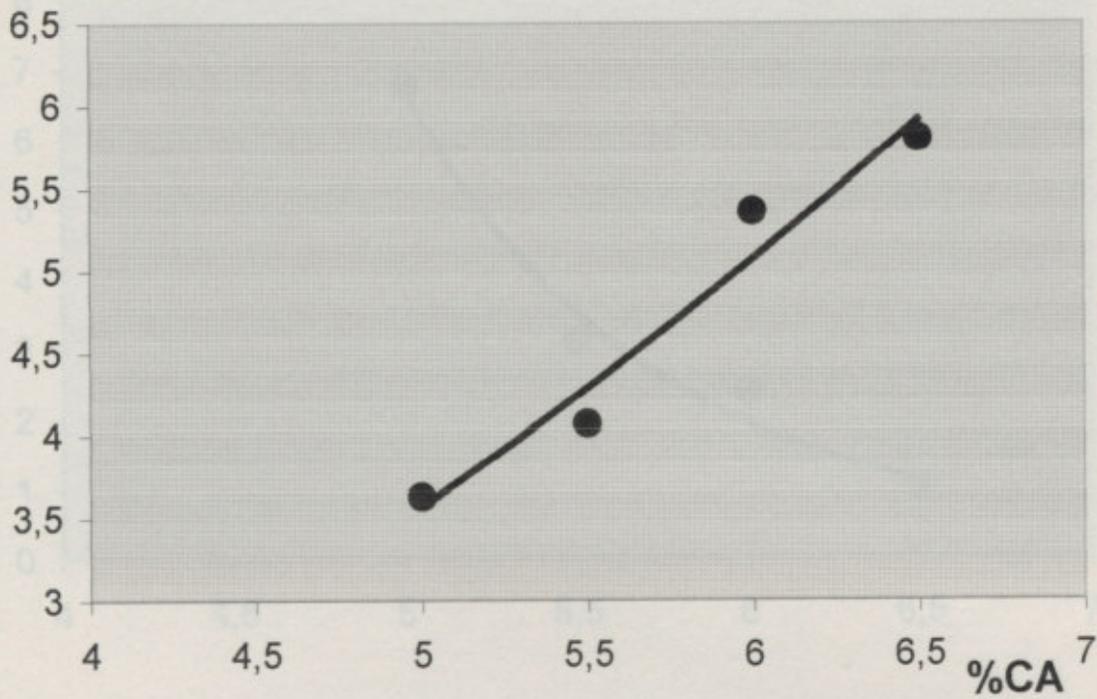
BASALTO



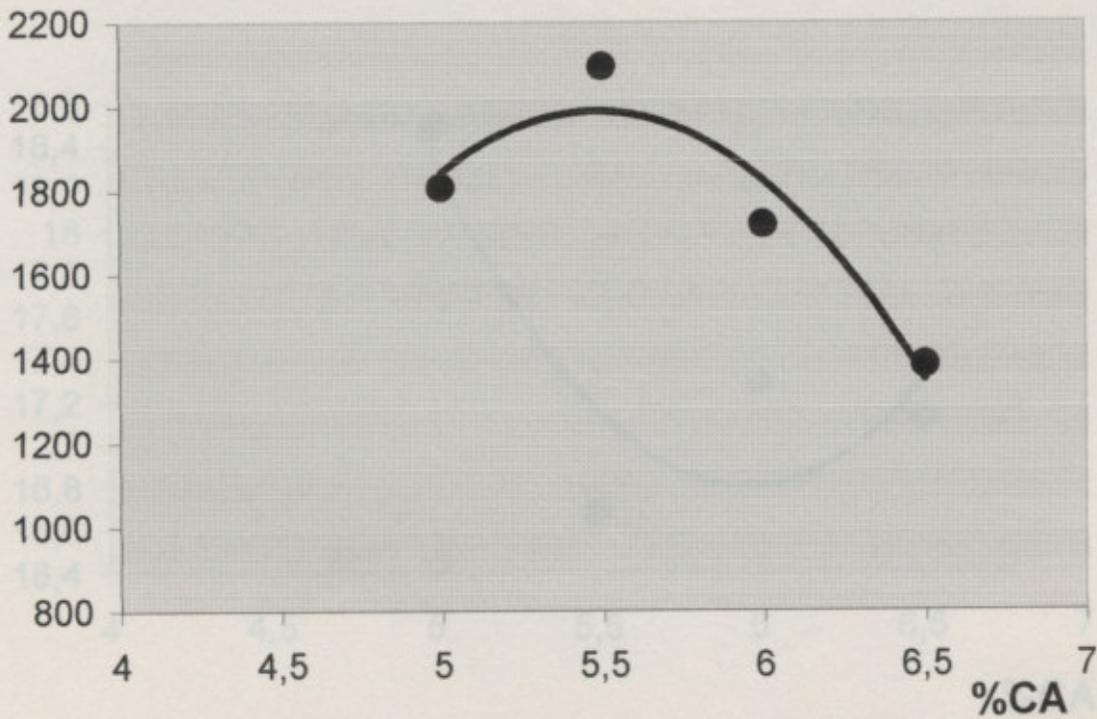
YPF ASF. 70/100

BASALTO

FLUENCIA



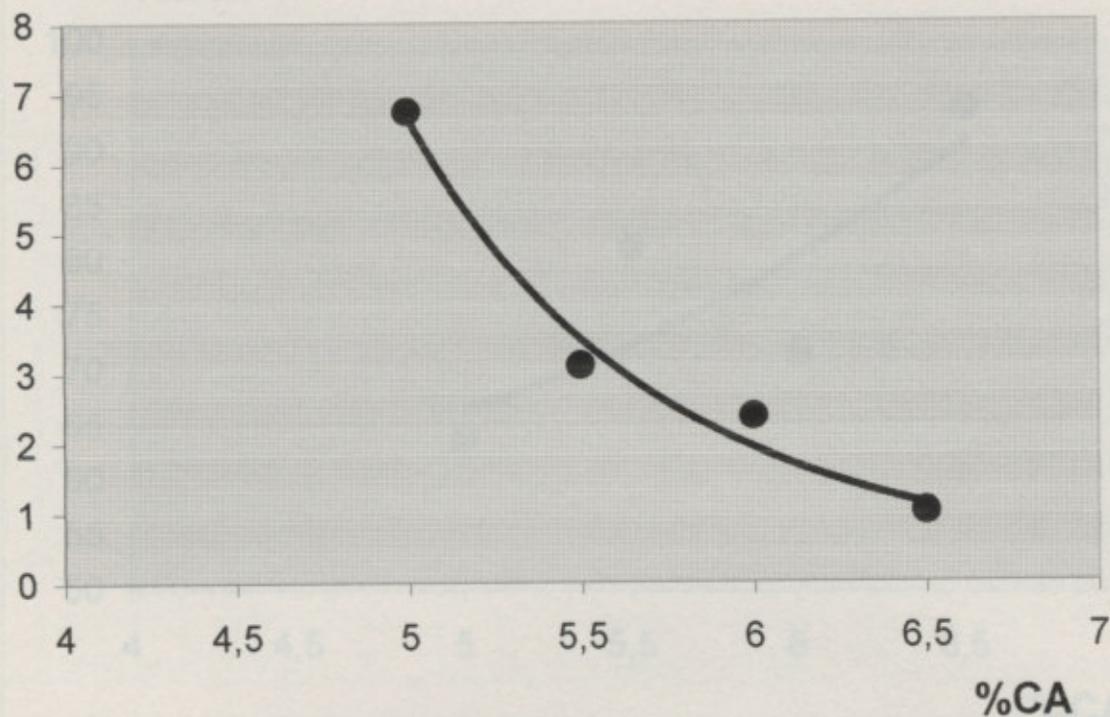
ESTAB./ FLUENCIA



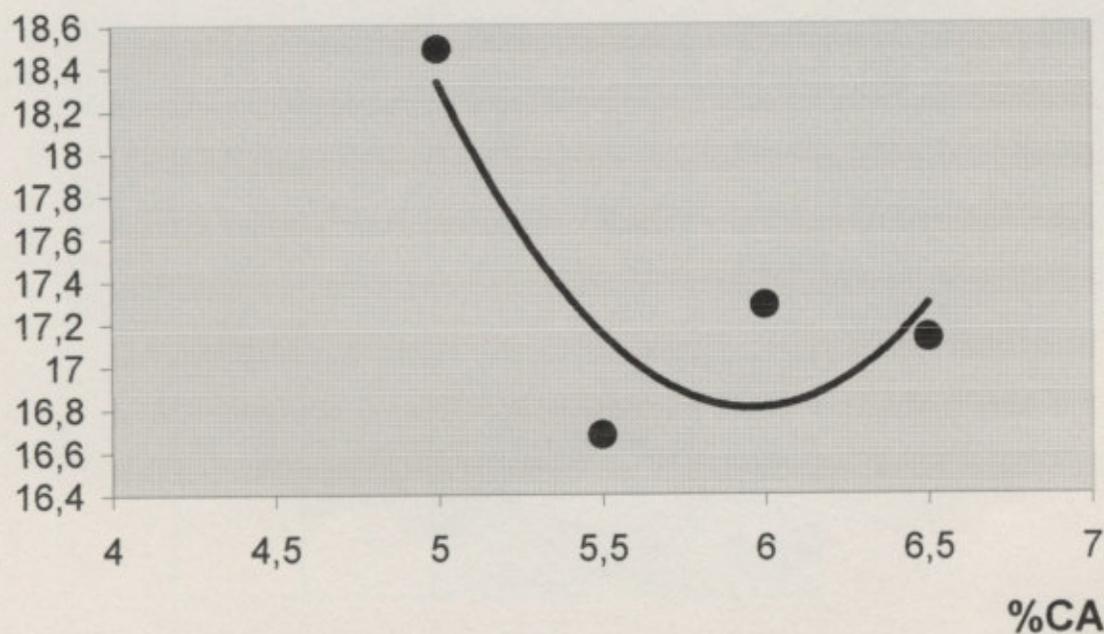
YPF ASF. 70/100

BASALTO

VACIOS

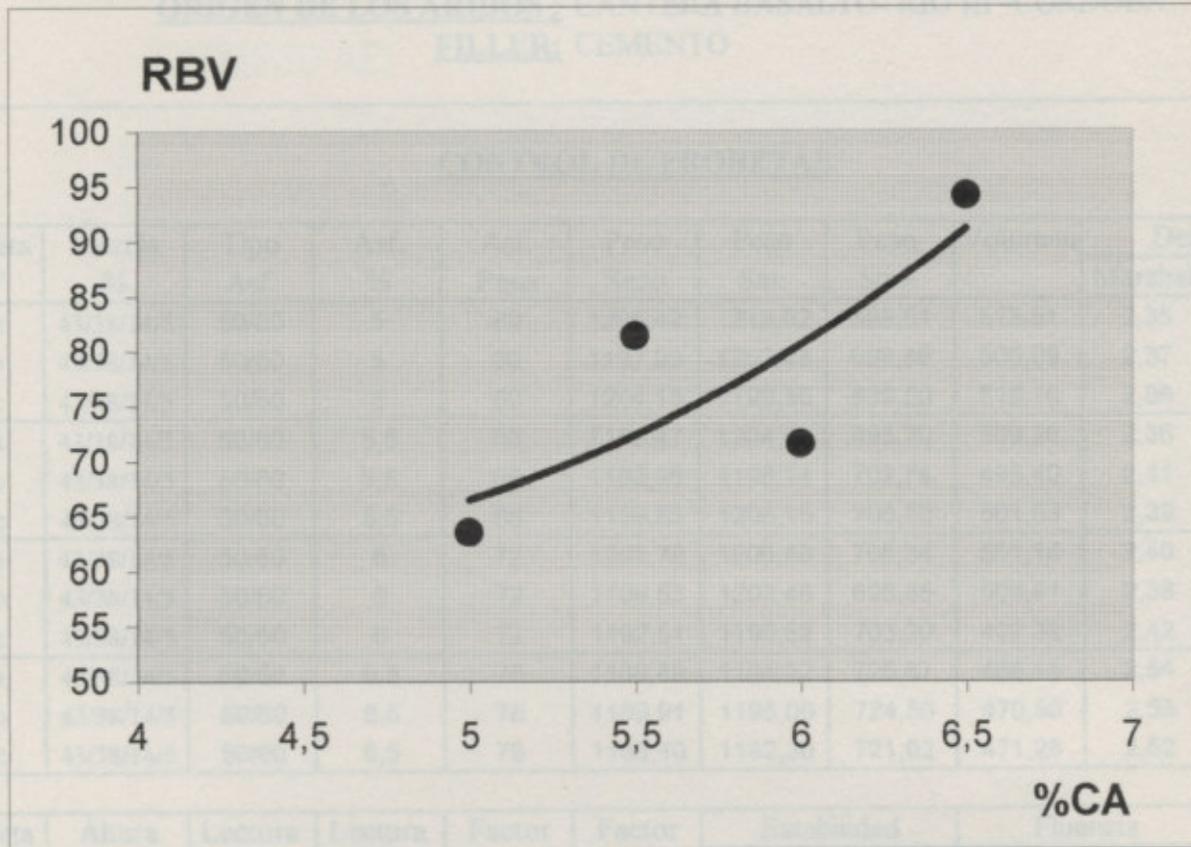


VAM



YPF ASF. 70/100

BASALTO



IN	AC	YPF	WMA	RBV
3.5	5	7.5	10	15
5.5	7.5	10	15	20
6	10	15	20	25
6.5	15	20	25	30

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: YPF

ORIGEN DE LOS ÁRIDOS : CANTERA BASALTO- RIO III -CÓRDOBA

FILLER: CEMENTO

CONTROL DE PROBETAS

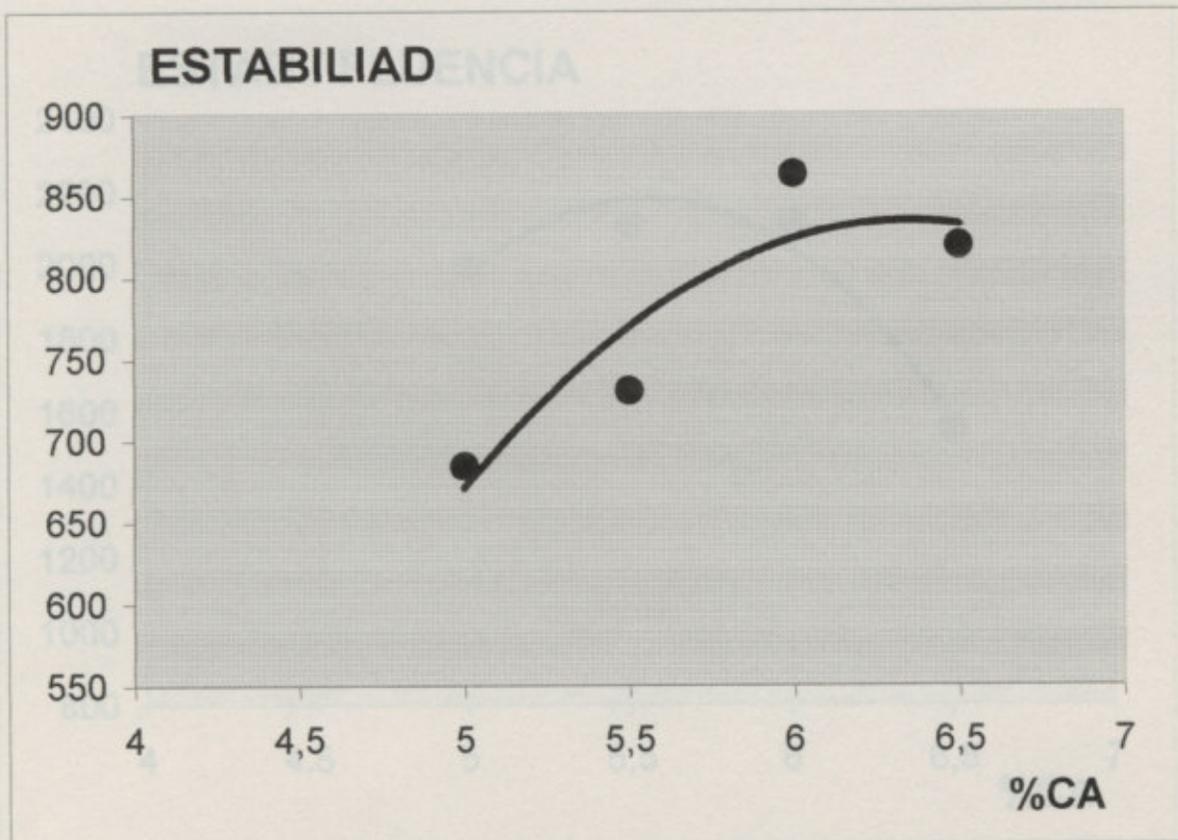
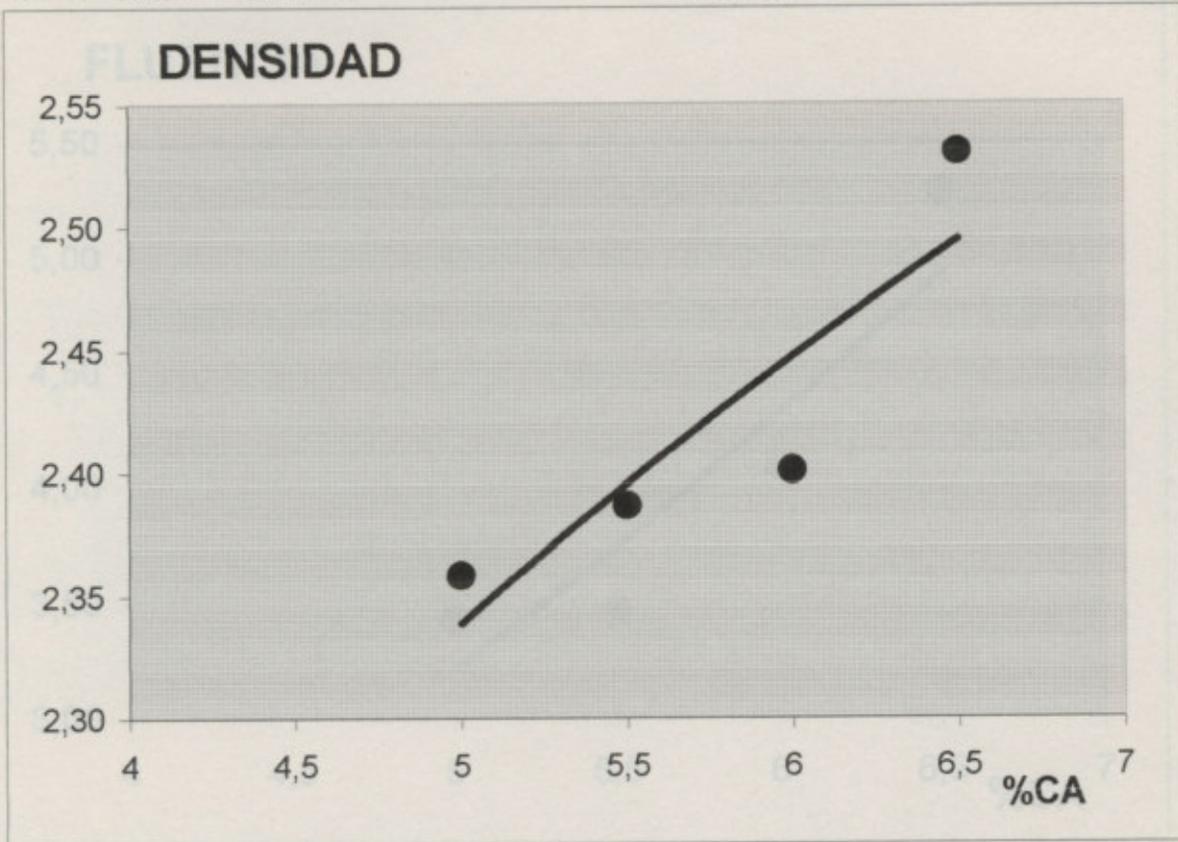
Probeta N°	Mezcla %	Tipo Asf.	Asf. %	Asf. Peso	Peso Seco	Peso Sat.	Peso Sum.	Volumen	Densidad	
									Marshall	Prom.
1a	43/38/14/5	50/60	5	60	1205,42	1212,02	698,51	513,51	2,35	2,36
1b	43/38/14/5	50/60	5	60	1197,99	1202,98	696,89	506,09	2,37	
1c	43/38/14/5	50/60	5	60	1204,18	1199,36	689,20	510,16	2,36	
2a	43/38/14/5	50/60	5,5	66	1199,47	1204,48	695,20	509,28	2,36	2,39
2b	43/38/14/5	50/60	5,5	66	1193,96	1198,14	702,74	495,40	2,41	
2c	43/38/14/5	50/60	5,5	66	1199,83	1206,15	705,12	501,03	2,39	
3a	43/38/14/5	50/60	6	72	1202,72	1206,48	705,34	501,14	2,40	2,40
3b	43/38/14/5	50/60	6	72	1199,53	1202,46	698,55	503,91	2,38	
3c	43/38/14/5	50/60	6	72	1192,51	1195,52	703,20	492,32	2,42	
4a	43/38/14/5	50/60	6,5	78	1189,89	1194,32	725,87	468,45	2,54	2,53
4b	43/38/14/5	50/60	6,5	78	1189,91	1195,00	724,50	470,50	2,53	
4c	43/38/14/5	50/60	6,5	78	1188,40	1192,30	721,02	471,28	2,52	

Probeta N°	Altura Probeta	Lectura Div/Carga	Lectura Div/Fluen	Factor Aro	Factor Corr x Alt.	Estabilidad		Fluencia		Estab/ fluen.
						Kg.	Prom.	mm.	Prom.	
1a	64,50	76	323	8,52	0,98	634,57	684,35	3,23	3,42	1999,09
1b	64,30	82	346	8,52	0,98	684,67		3,46		
1c	63,90	87	358	8,52	0,99	733,83		3,58		
2a	62,95	91	352	8,52	1,02	790,83	730,45	3,52	3,47	2105,04
2b	62,85	77	346	8,52	1,01	662,60		3,46		
2c	63,00	84	343	8,52	1,01	722,84		3,43		
3a	62,60	92	422	8,52	1,02	799,52	863,25	4,22	4,08	2117,53
3b	62,50	103	435	8,52	1,02	895,11		4,35		
3c	62,20	102	366	8,52	1,03	895,11		3,66		
4a	62,00	104	530	8,52	1,04	921,52	819,20	5,3	5,27	1553,48
4b	61,60	94	520	8,52	1,05	840,92		5,2		
4c	61,80	89	532	8,52	1,02	773,45		5,32		

Dt	Asf. %	Vacios %	VAM %	RBV %
2,55	5	7,52	19,31	61,07
	5,5	6,40	19,53	67,21
	6	5,85	20,25	71,13
	6,5	0,77	17,22	95,50

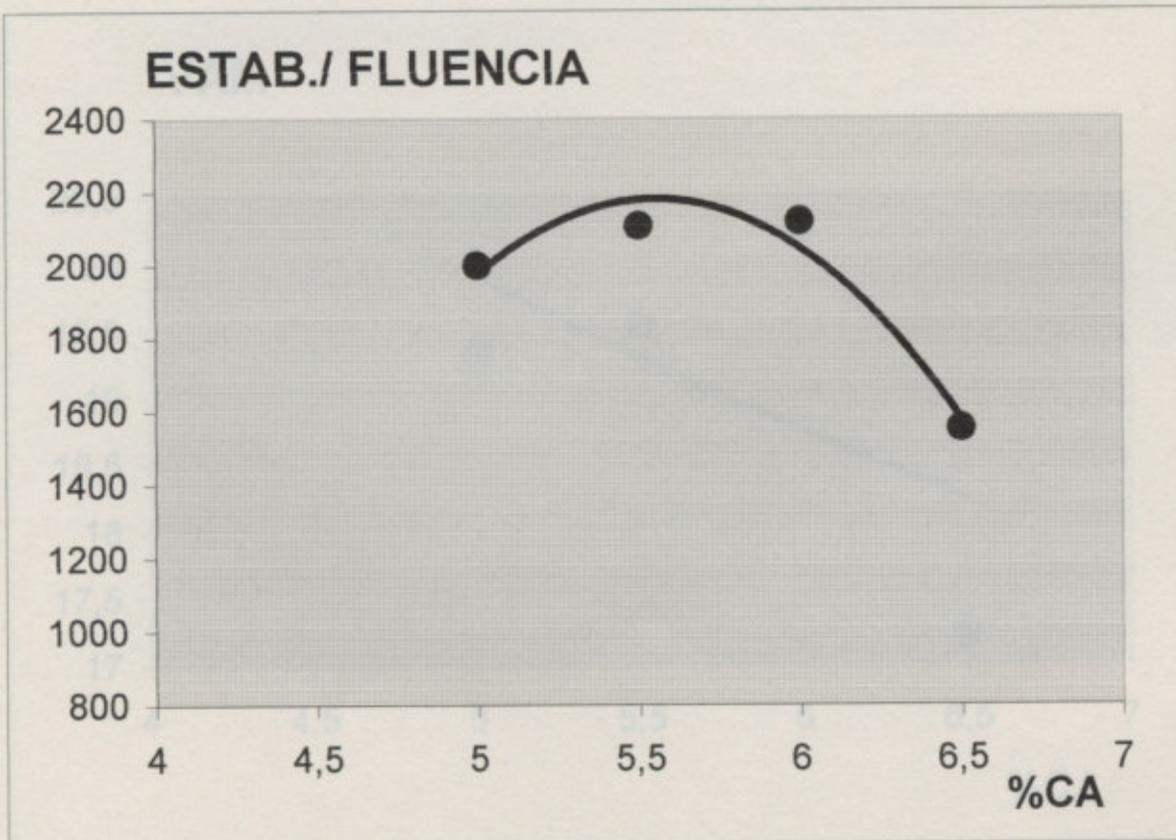
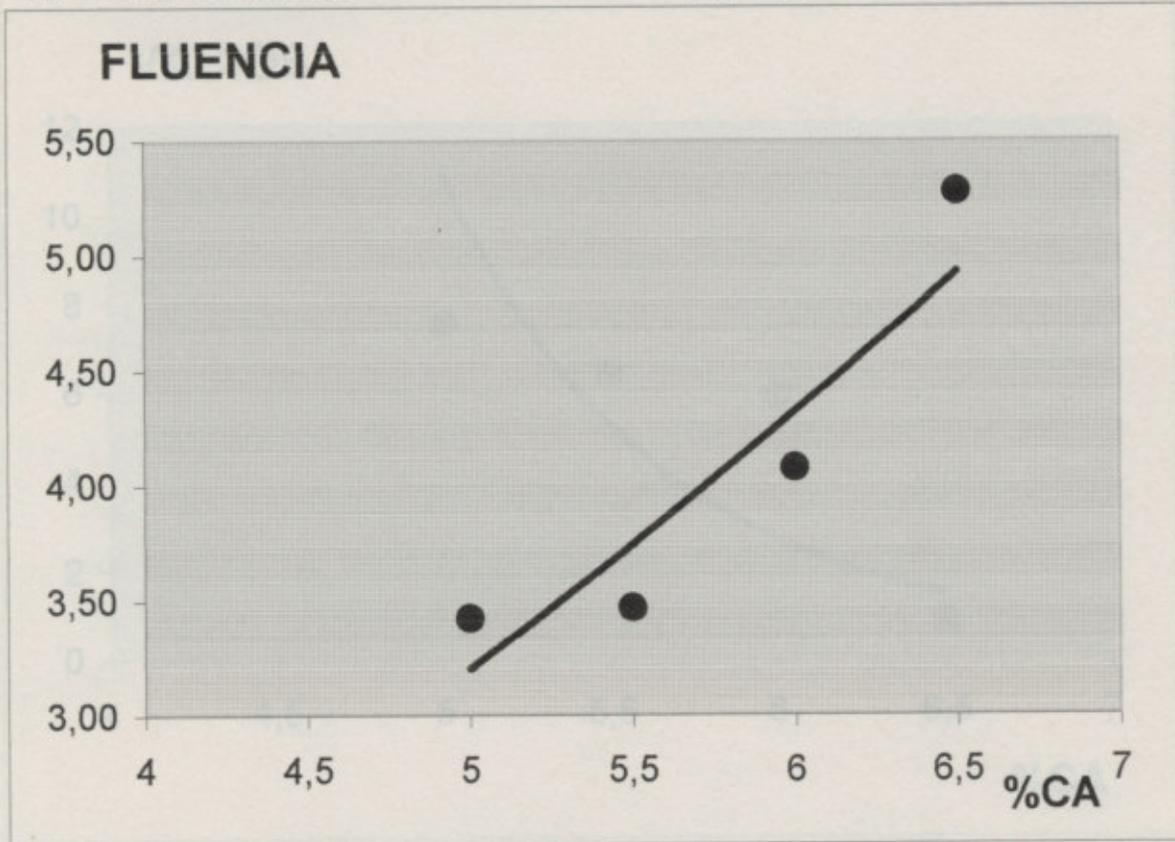
YPF ASF. 50/60

BASALTO



YPF ASF. 50/60

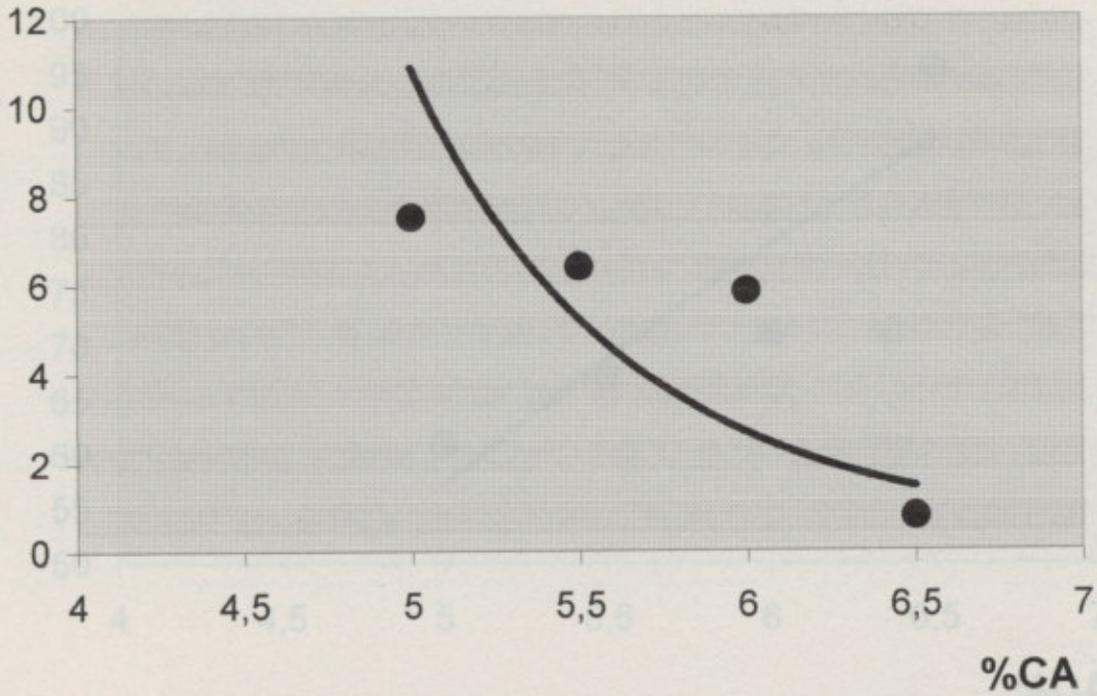
BASALTO



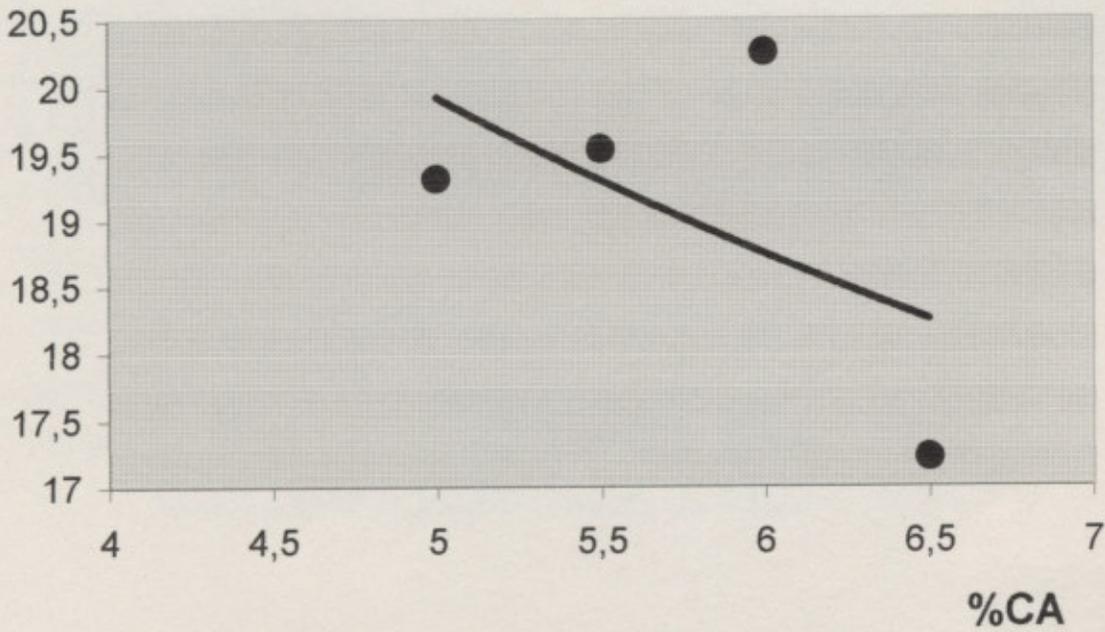
YPF ASF. 50/60

BASALTO

VACIOS

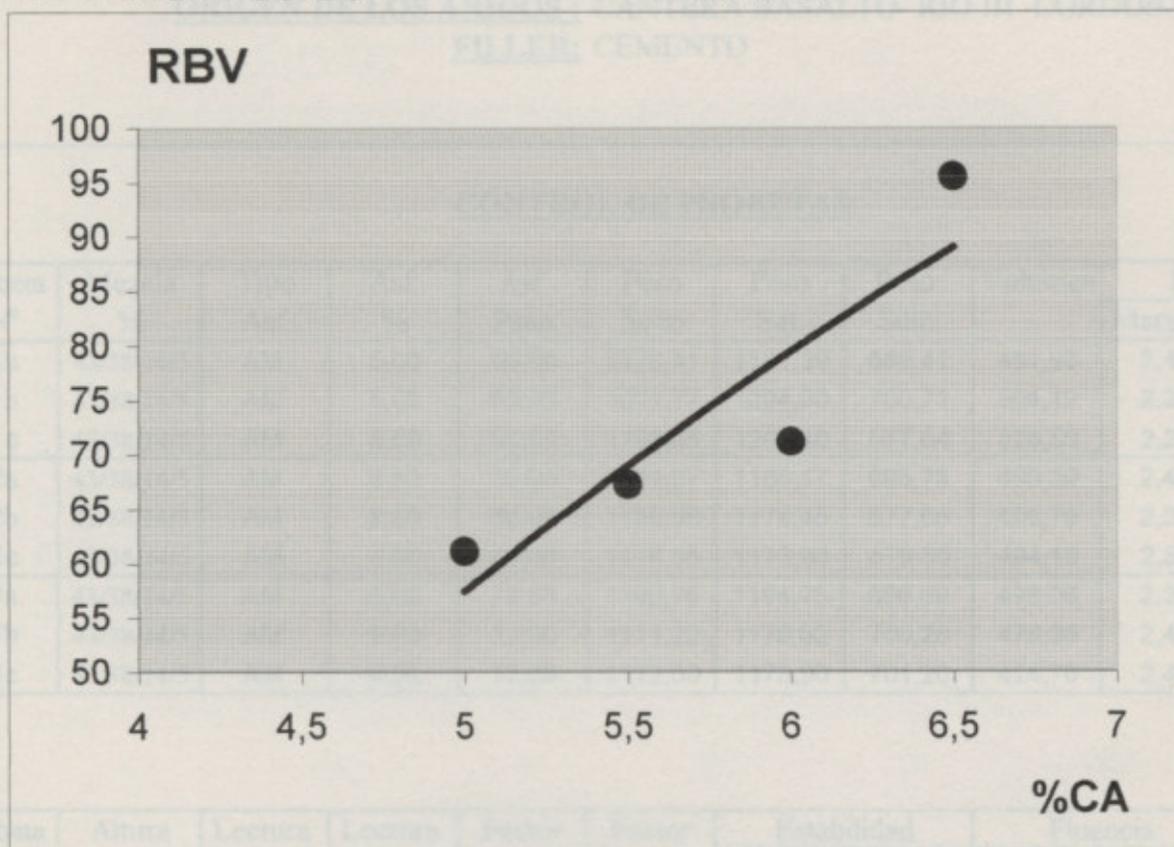


VAM



YPF ASF. 50/60

BASALTO



Probeta	Altura	Leotura	Leotura	Factor	Factor	Probabilidad	Probabilidad	Probabilidad	Probabilidad
N°	Probeta	Dist/Carga	Dist/Carga	Dist/Carga	Dist/Carga	Dist/Carga	Dist/Carga	Dist/Carga	Dist/Carga
1a	82,7	118	410	6,82	1,00	100-47	100-47	4,30	1,35
1b	82,8	67	267	6,95	1,20	100-50	100-50	3,47	
1c	82,9	110	427	7,32	1,00	100-50	100-50	4,27	
2a	82,2	106	418	6,57	1,00	100-47	100-47	4,18	1,40
2b	83,4	117	455	7,56	1,20	100-50	100-50	4,63	
2c	83,2	129	481	7,50	1,00	100-50	100-50	4,51	
3a	82,5	116	395	6,52	1,40	100-47	100-47	4,05	1,45
3b	84,6	130	500	7,62	1,00	100-50	100-50	5,00	
3c	84,4	112	485	6,52	1,00	100-50	100-50	4,25	

Ln	AmC	YacNo	YacM	YacS
N	N	N	N	N
2,45	5	100	100	100
	15	100	100	100
	5	100	100	100

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: YPF

ORIGEN DE LOS ÁRIDOS : CANTERA BASALTO- RIO III -CÓRDOBA

FILLER: CEMENTO

CONTROL DE PROBETAS

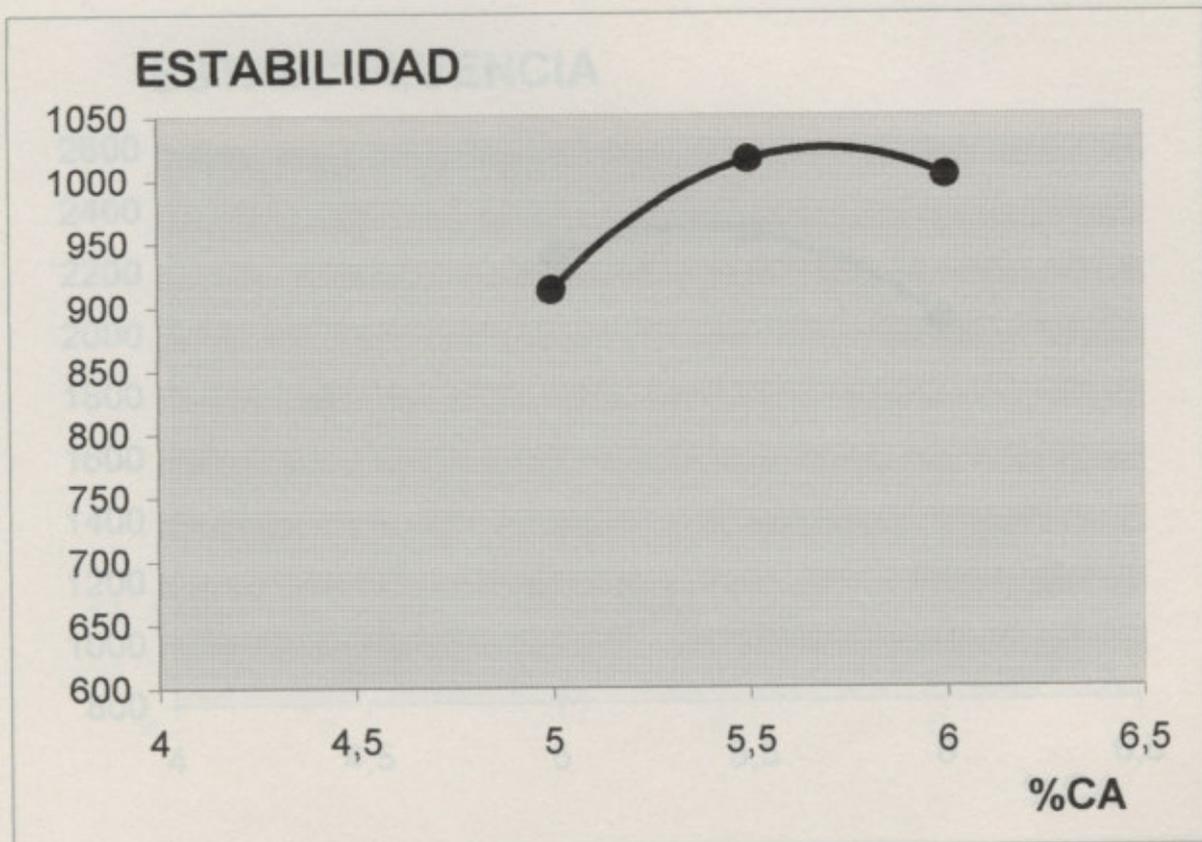
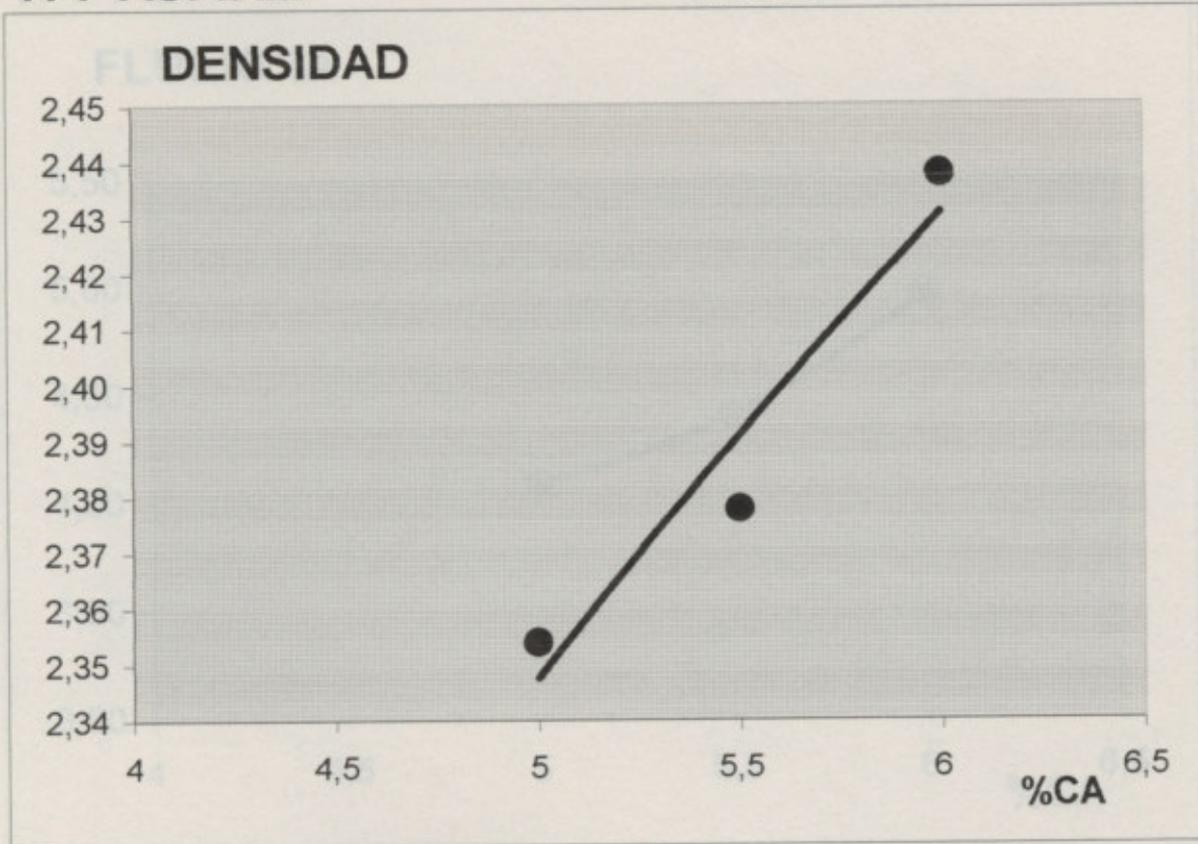
Probeta N°	Mezcla %	Tipo Asf.	Asf. %	Asf. Peso	Peso Seco	Peso Sat.	Peso Sum.	Volumen	Densidad	
									Marshall	Prom.
1a	43/38/14/5	AM	5,00	60,00	1178,41	1181,39	689,41	491,98	2,40	2,35
1b	43/38/14/5	AM	5,00	60,00	1201,77	1204,90	700,71	504,19	2,38	
1c	43/38/14/5	AM	5,00	60,00	1199,85	1203,40	677,84	525,56	2,28	
2a	43/38/14/5	AM	5,50	66,00	1181,87	1186,17	695,78	490,39	2,41	2,38
2b	43/38/14/5	AM	5,50	66,00	1169,58	1174,45	677,66	496,79	2,35	
2c	43/38/14/5	AM	5,50	66,00	1170,55	1173,90	679,80	494,10	2,37	
3a	43/38/14/5	AM	6,00	72,00	1192,76	1194,75	696,69	498,06	2,39	2,44
3b	43/38/14/5	AM	6,00	72,00	1171,22	1178,62	700,26	478,36	2,45	
3c	43/38/14/5	AM	6,00	72,00	1172,50	1175,90	701,20	474,70	2,47	

Probeta N°	Altura Probeta	Lectura Div/Carga	Lectura Div/Fluen	Factor Aro	Factor Corr x Alt.	Estabilidad		Fluencia		Estab/ fluen.
						Kg.	Prom.	mm.	Prom.	
1a	62,7	118	450	8,52	1,02	1025,47	913,07	4,50	4,08	2237,92
1b	62,8	87	347	8,52	1,02	756,06		3,47		
1c	62,9	110	427	8,52	1,02	957,68		4,27		
2a	62,2	105	418	8,52	1,03	921,44	1015,75	4,18	4,40	2311,16
2b	63,4	117	453	8,52	1,00	996,84		4,53		
2c	63,2	129	461	8,52	1,01	1110,07		4,61		
3a	62,5	115	505	8,52	1,02	999,40	1002,97	5,05	4,95	2026,21
3b	64,6	130	503	8,52	0,97	1074,37		5,03		
3c	64,4	112	485	8,52	0,98	935,16		4,85		

Dt	Asf. %	Vacios %	VAM %	RBV %
2,45	5	3,92	15,69	75,01
	5,5	2,95	15,02	87,07
	6	0,50	15,13	96,69

YPF ASF.AM

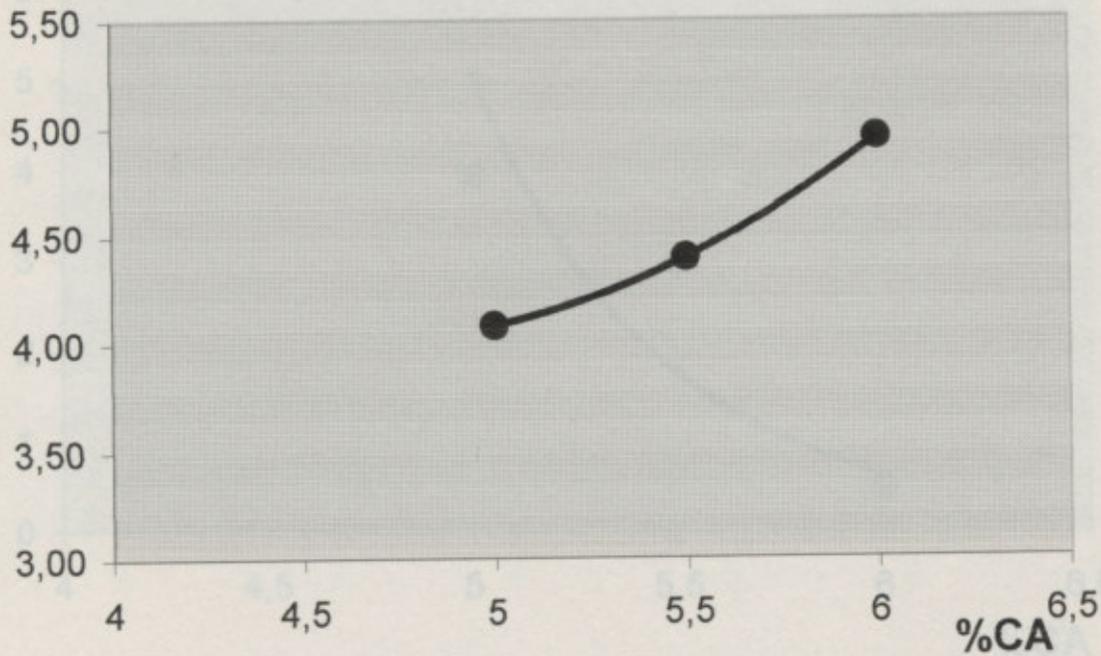
BASALTO



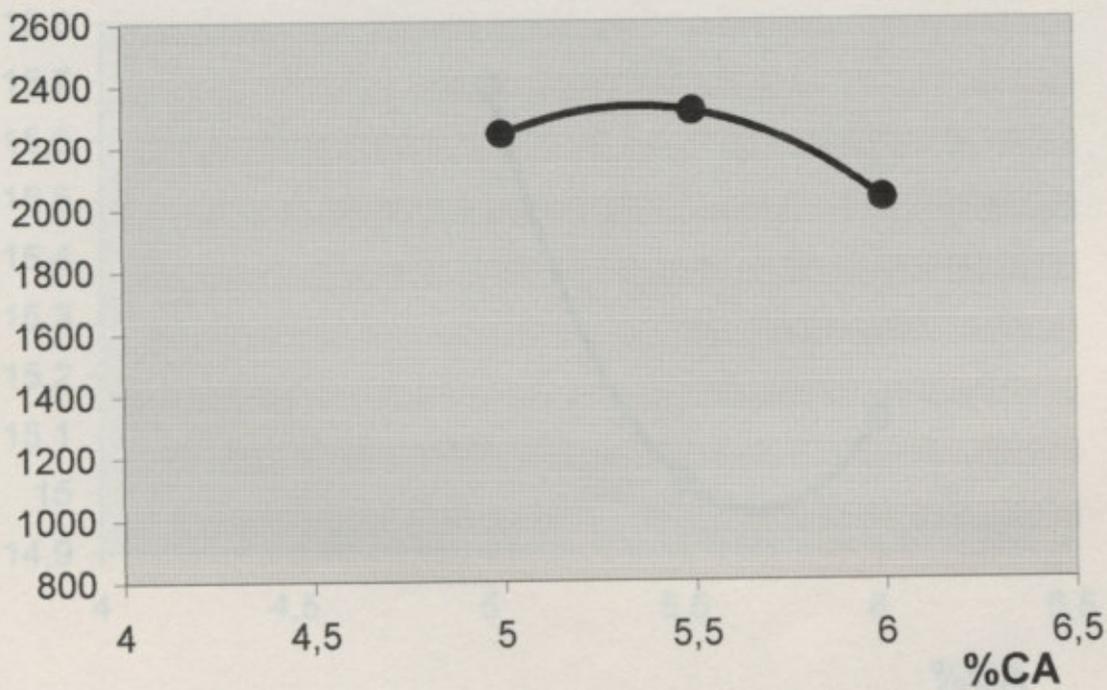
YPF ASF. AM

BASALTO

FLUENCIA



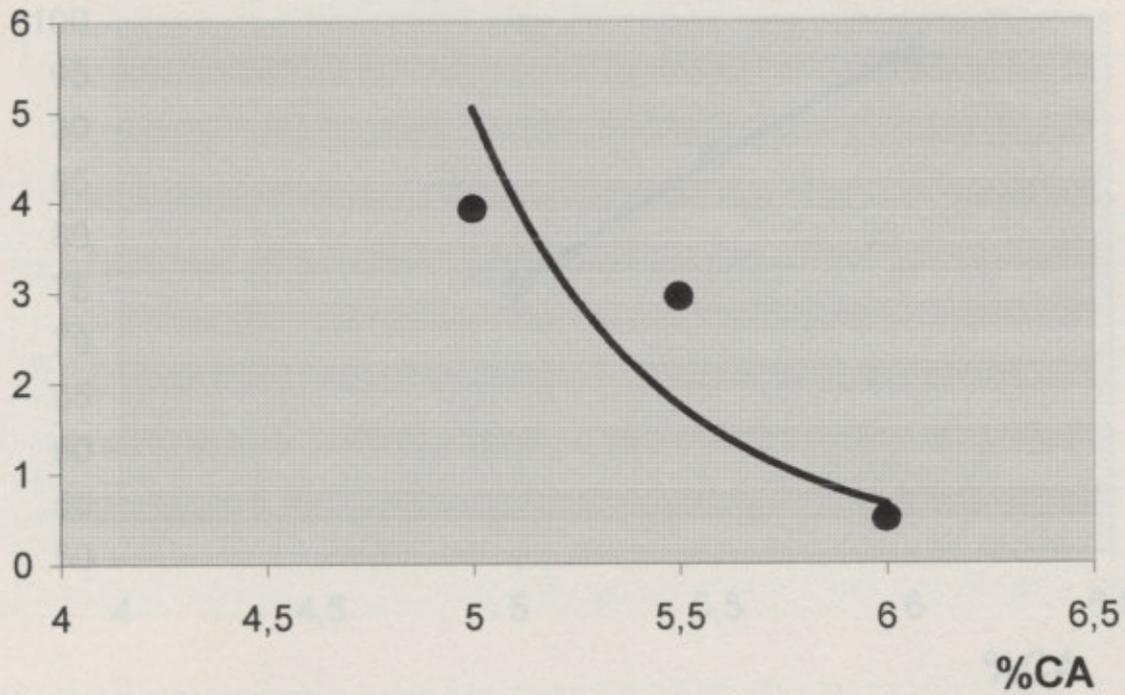
ESTAB./ FLUENCIA



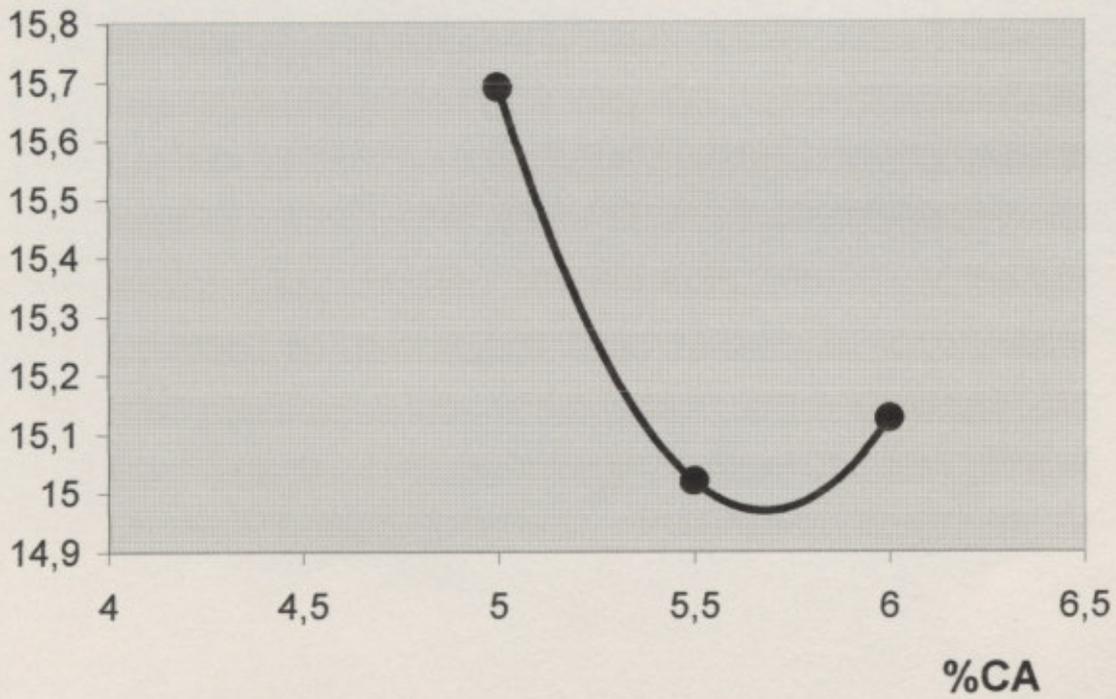
YPF ASF.AM

BASALTO

VACIOS

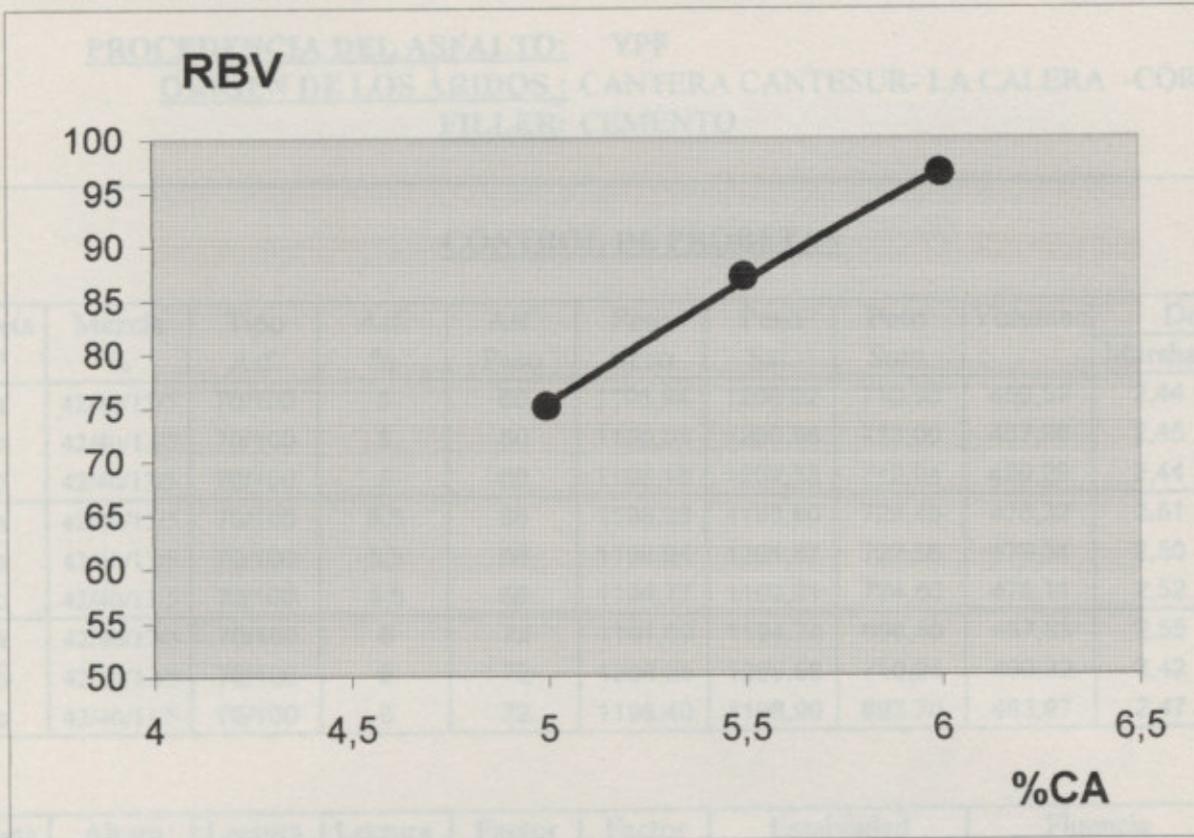


VAM



YPF ASF. AM

BASALTO



Dt	Asf	Ypf24	NAM	RBV
1.46	5	4.15	10.50	75.75
	1.5	5.00	10.50	77.25
	2	5.15	10.50	79.25

6.2.2 CANTERA CANTESUR

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: YPF

ORIGEN DE LOS ÁRIDOS : CANTERA CANTESUR- LA CALERA -CÓRDOBA

FILLER: CEMENTO

CONTROL DE PROBETAS

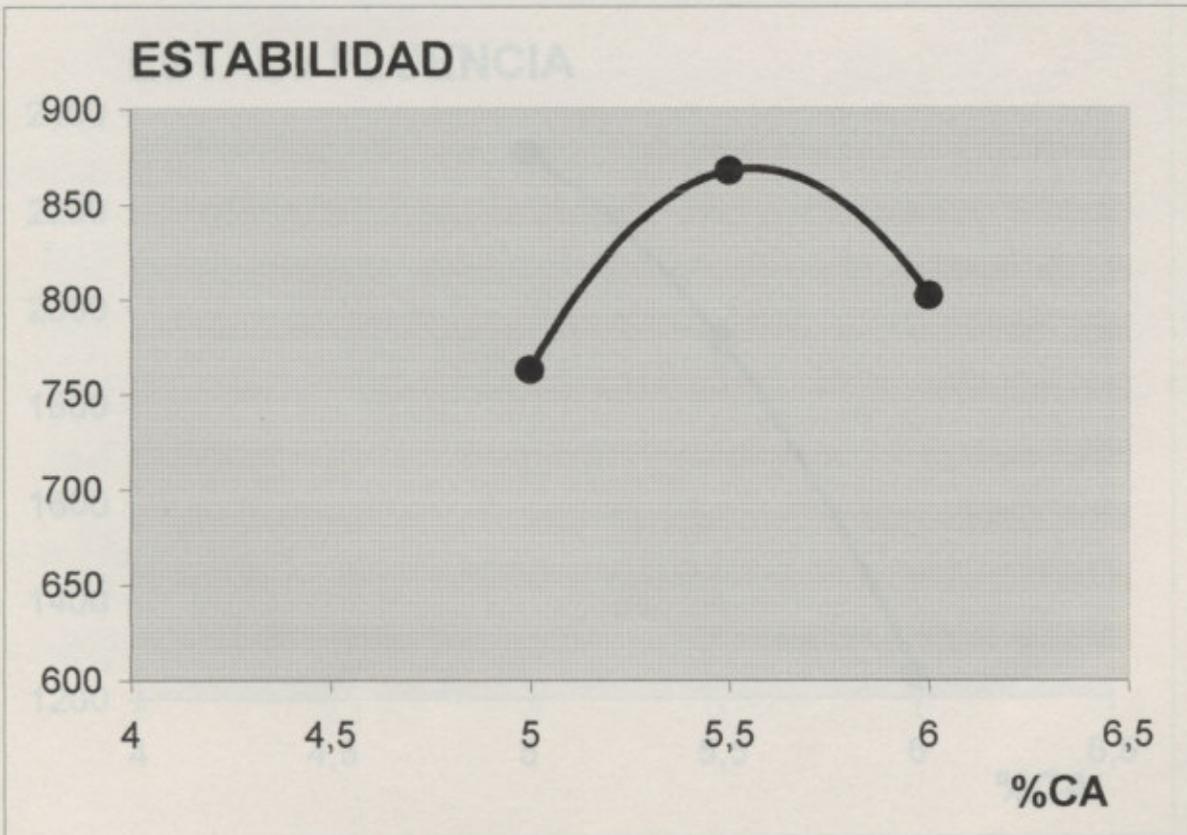
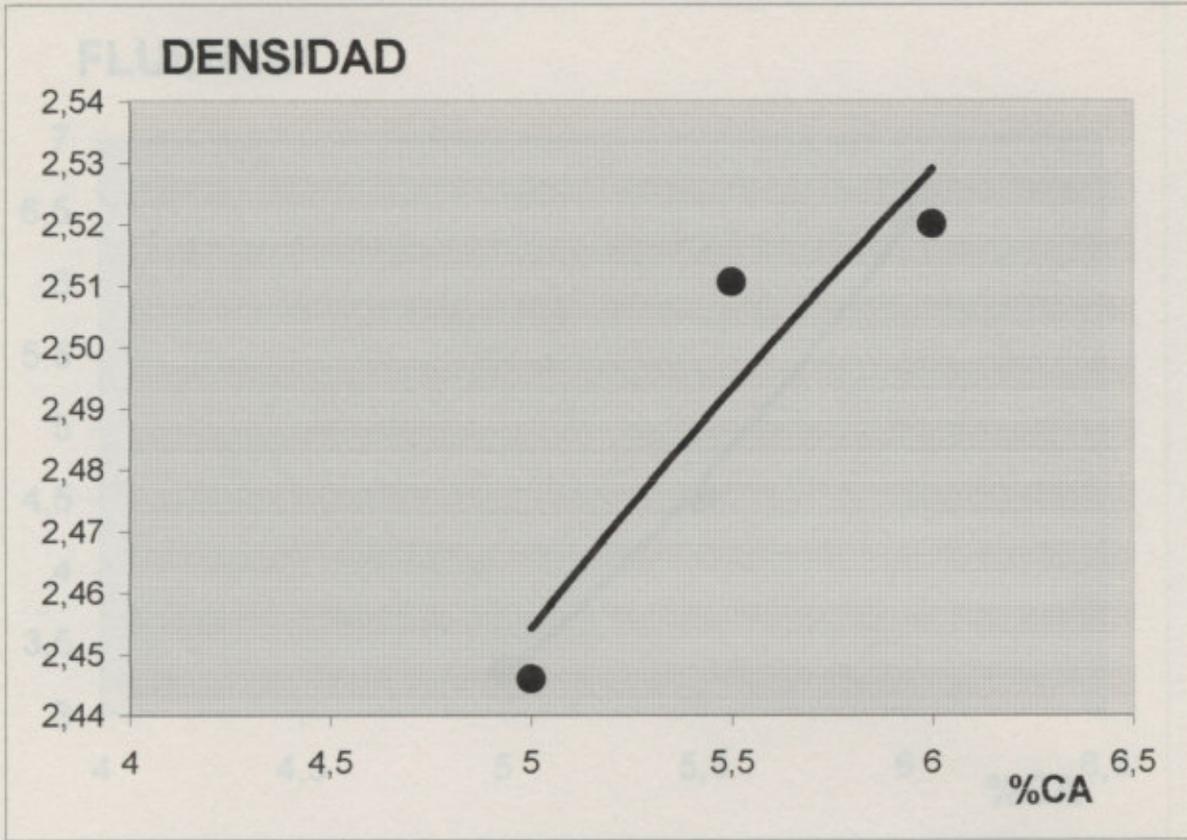
Probeta N°	Mezcla %	Tipo Asf.	Asf. %	Asf. Peso	Peso Seco	Peso Sat.	Peso Sum.	Volumen	Densidad	
									Marshall	Prom.
1a	42/40/13/5	70/100	5	60	1195,94	1200,02	710,50	489,52	2,44	2,45
1b	42/40/13/5	70/100	5	60	1196,05	1200,98	713,00	487,98	2,45	
1c	42/40/13/5	70/100	5	60	1198,15	1202,33	712,04	490,29	2,44	
2a	42/40/13/5	70/100	5,5	66	1196,23	1199,80	723,48	476,32	2,51	2,51
2b	42/40/13/5	70/100	5,5	66	1198,94	1201,87	722,56	479,31	2,50	
2c	42/40/13/5	70/100	5,5	66	1196,77	1199,91	724,80	475,11	2,52	
3a	42/40/13/5	70/100	6	72	1191,69	1194,74	698,50	467,33	2,55	2,52
3b	42/40/13/5	70/100	6	72	1206,28	1209,56	710,24	499,32	2,42	
3c	42/40/13/5	70/100	6	72	1195,40	1198,90	693,70	483,97	2,47	

Probeta N°	Altura Probeta	Lectura Div/Carga	Lectura Div/Fluen	Factor Aro	Factor Corr x Alt.	Estabilidad		Fluencia		Estab/ fluen.
						Kg.	Prom.	mm.	Prom.	
1a	61,6	75	318	8,52	1,05	670,95	762,99	3,18	3,29	2316,78
1b	61,6	89	345	8,52	1,05	796,19		3,45		
1c	61,3	91	325	8,52	1,06	821,84		3,25		
2a	60,5	89	452	8,52	1,09	826,53	867,48	4,52	4,49	1930,59
2b	60,8	99	449	8,52	1,08	910,96		4,49		
2c	60,7	94	447	8,52	1,08	864,95		4,47		
3a	61,2	80	653	8,52	1,06	722,50	802,19	6,53	6,45	1243,70
3b	61,6	98	628	8,52	1,05	876,71		6,28		
3c	62,3	92	654	8,52	1,03	807,36		6,54		

Dt	Asf. %	Vacios %	VAM %	RBV %
2,56	5	4,45	16,68	73,30
	5,5	3,93	15,76	77,62
	6	1,56	16,95	89,20

YPF ASF. 70/100

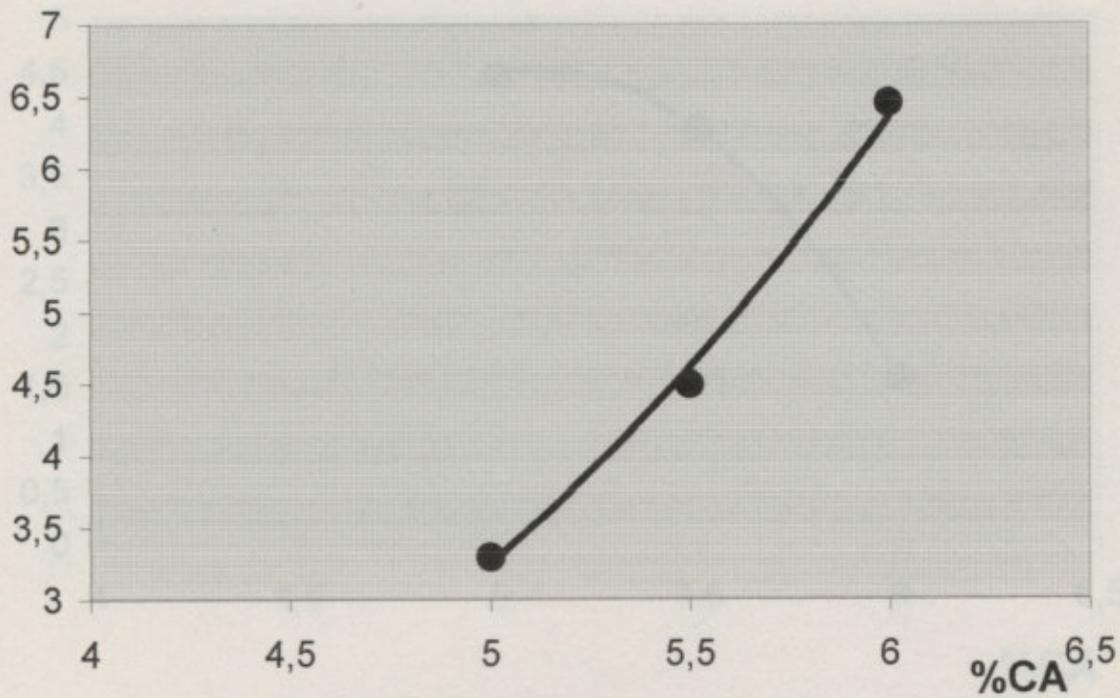
CANTESUR



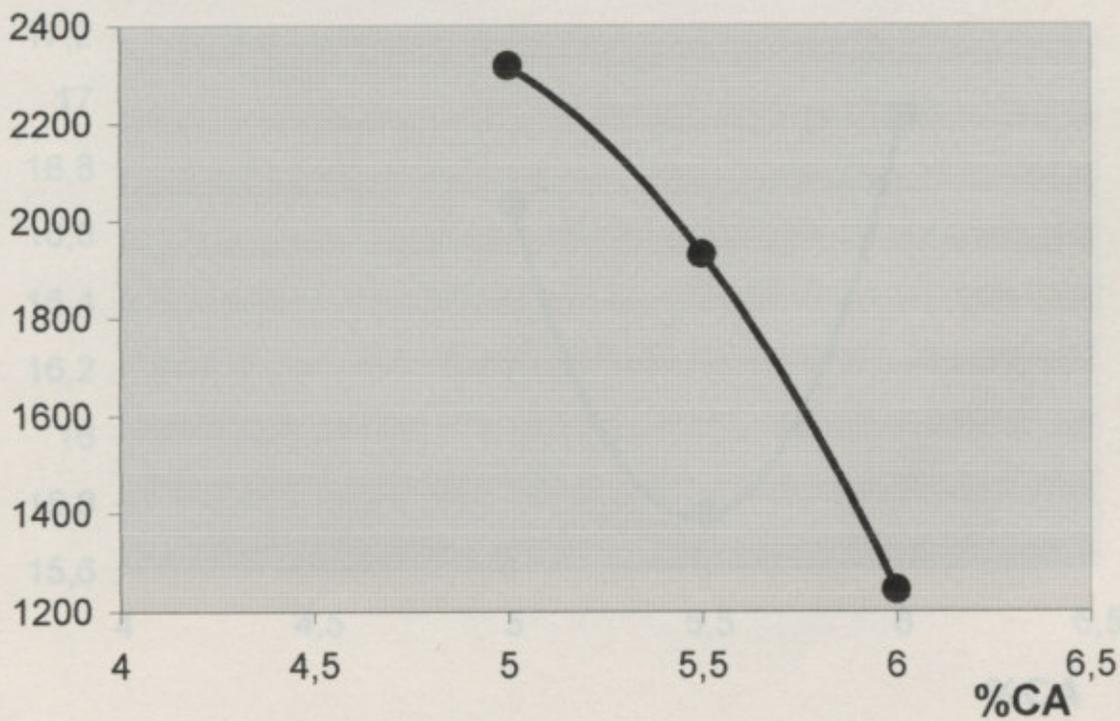
YPF ASF. 70/100

CANTESUR

FLUENCIA



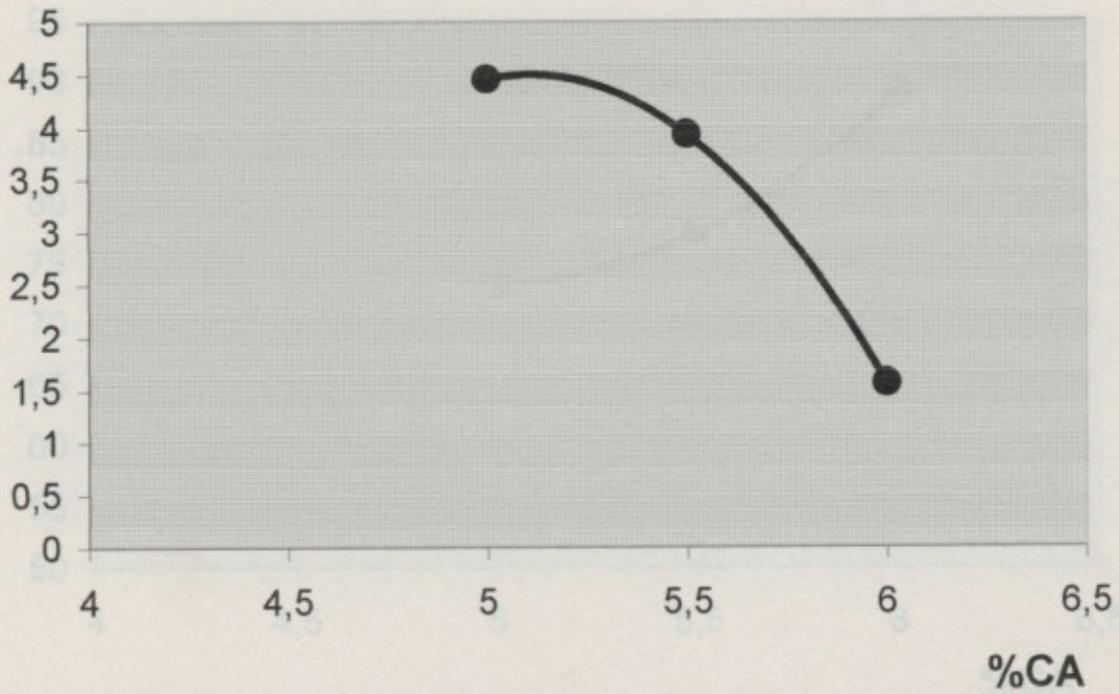
ESTAB./ FLUENCIA



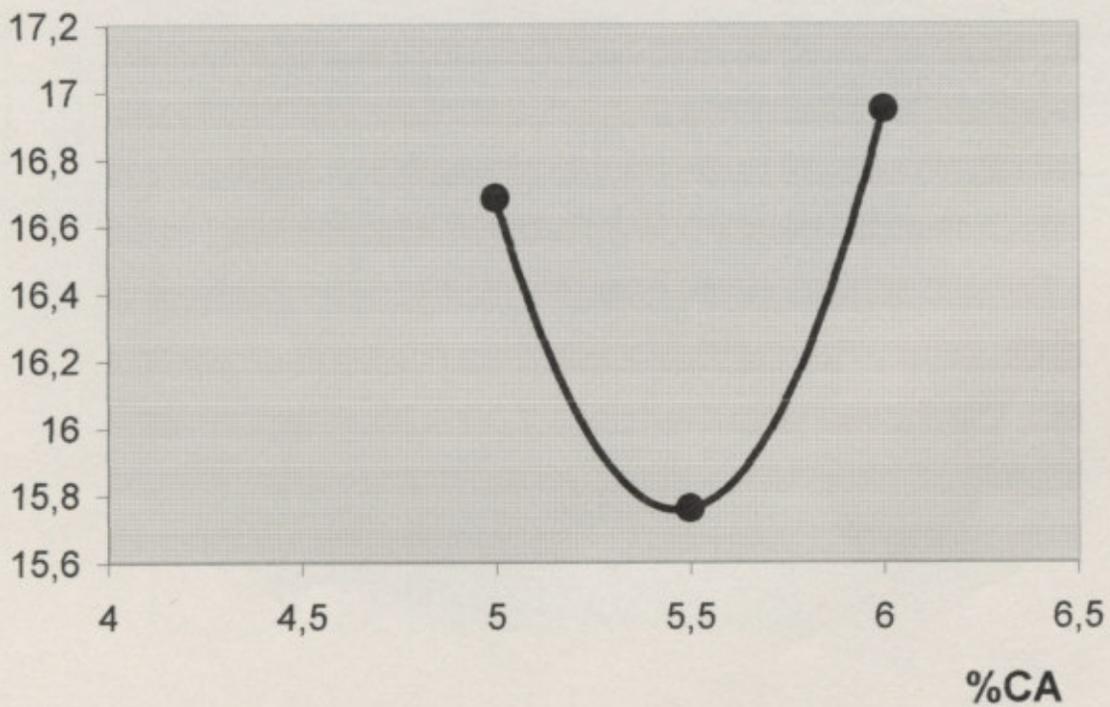
YPF ASF. 70/100

CANTESUR

VACIOS

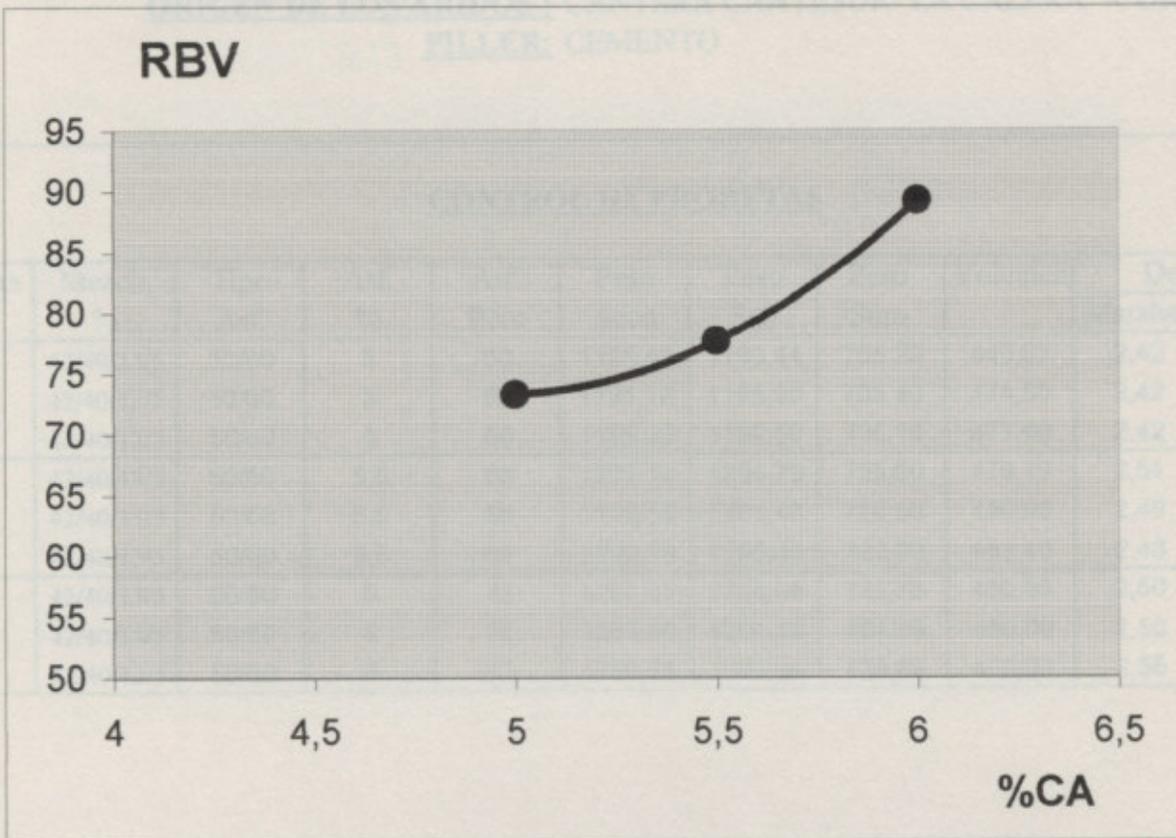


VAM



YPF ASF. 70/100

CANTESUR



Probeta	Altura Probeta	Locust Div/Carga	Lectura Div/Placa	Factor Am	Factor Conv. AS	Densidad		Fluencia		Espesor
						Kg	From	mm	From	
1a	82.7	78	203	0.52	1.02	889.54	275.96	2.89	5.25	15.25
1b	83	86	230	0.52	1.01	740.05		2.96		
1c	82.8	93	316	0.52	1.02	721.56		3.16		
2a	83.6	102	402	0.52	1	869.14	248.73	4.08	4.62	16.75
2b	85.7	97	402	0.52	0.99	878.16		4.52		
2c	83.3	100	448	0.52	1.01	880.52		4.48		
3a	81.3	92	375	0.52	1.05	825.03	275.85	5.75	5.28	15.5
3b	81.8	86	302	0.52	1.08	788.36		5.08		
3c	81.2	97	340	0.52	1.06	875.03		5.1		

DA	Asf	Vacas	VAM	SBV
	%	%	%	%
1a	5	1.52	1.02	21.2
	5.4	1.75	1.02	21.2
	6	1.97	1.02	21.2

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: YPF

ORIGEN DE LOS ÁRIDOS : CANTERA CANTESUR- LA CALERA -CÓRDOBA

FILLER: CEMENTO

CONTROL DE PROBETAS

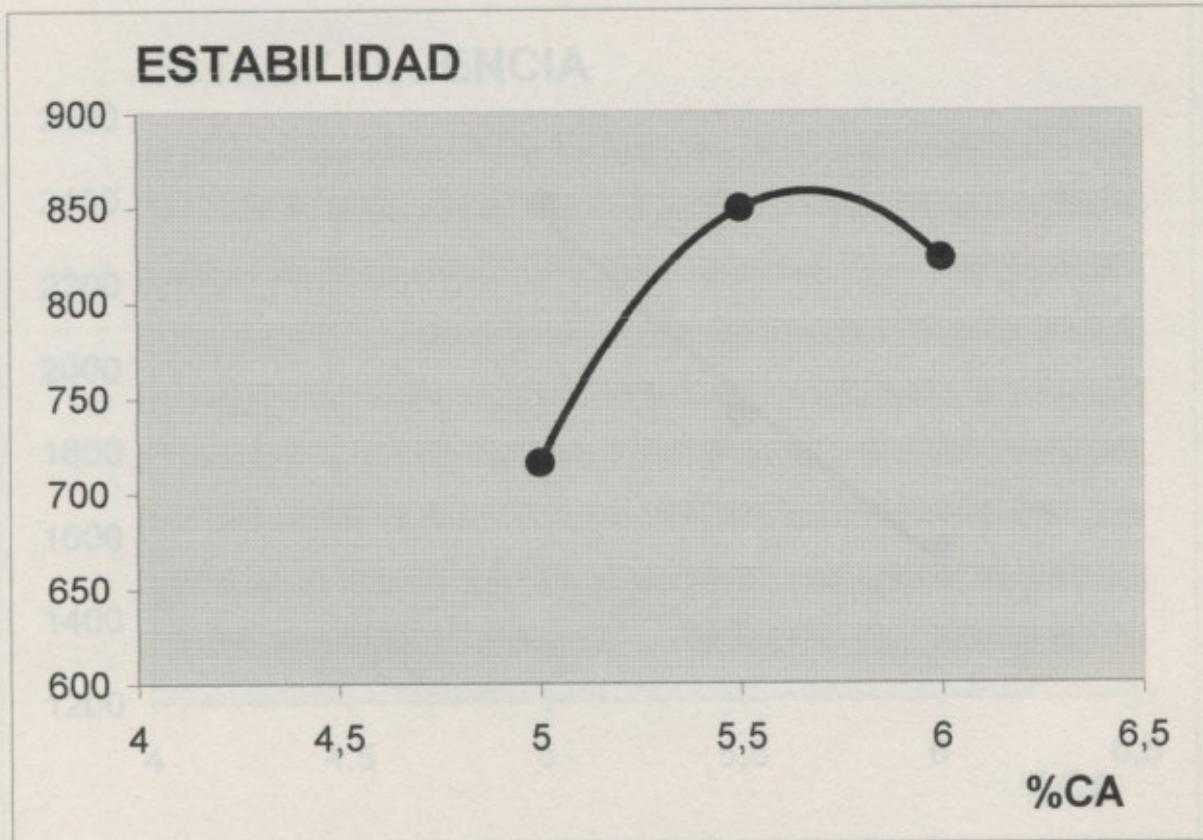
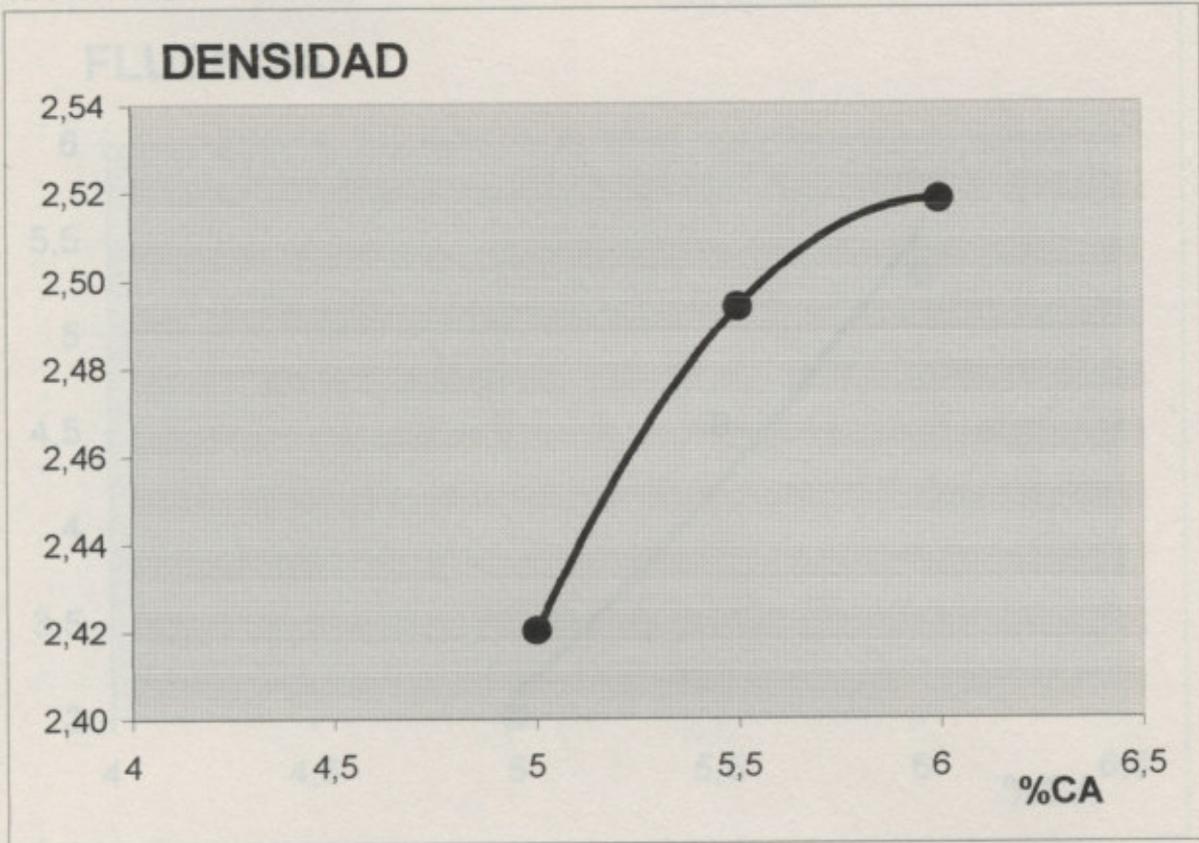
Probeta N°	Mezcla %	Tipo Asf.	Asf. %	Asf. Peso	Peso Seco	Peso Sat.	Peso Sum.	Volumen	Densidad	
									Marshall	Prom.
1a	42/40/13/5	50/60	5	60	1195,42	1199,44	705,20	449,67	2,42	2,42
1b	42/40/13/5	50/60	5	60	1191,16	1195,99	703,40	474,50	2,42	
1c	42/40/13/5	50/60	5	60	1193,22	1197,50	705,10	477,90	2,42	
2a	42/40/13/5	50/60	5,5	66	1201,14	1204,79	725,60	479,19	2,51	2,49
2b	42/40/13/5	50/60	5,5	66	1198,56	1201,46	720,50	480,96	2,49	
2c	42/40/13/5	50/60	5,5	66	1200,18	1206,40	723,00	483,40	2,48	
3a	42/40/13/5	50/60	6	72	1201,85	1204,69	723,73	480,96	2,50	2,52
3b	42/40/13/5	50/60	6	72	1201,50	1204,89	724,89	480,00	2,50	
3c	42/40/13/5	50/60	6	72	1199,75	1203,89	733,89	470,00	2,55	

Probeta N°	Altura Probeta	Lectura Div/Carga	Lectura Div/Fluen	Factor Aro	Factor Corr x Alt.	Estabilidad		Fluencia		Estab/ fluen.
						Kg.	Prom.	mm.	Prom.	
1a	62,7	79	289	8,52	1,02	686,54	715,96	2,89	3,00	2383,90
1b	63	86	296	8,52	1,01	740,05		2,96		
1c	62,6	83	316	8,52	1,02	721,30		3,16		
2a	63,6	102	456	8,52	1	869,04	849,25	4,56	4,52	1878,86
2b	63,7	97	452	8,52	0,99	818,18		4,52		
2c	63,3	100	448	8,52	1,01	860,52		4,48		
3a	61,3	92	575	8,52	1,05	823,03	822,80	5,75	5,29	1555,40
3b	61,6	86	502	8,52	1,05	769,36		5,02		
3c	61,2	97	510	8,52	1,06	876,03		5,1		

Dt	Asf. %	Vacios %	VAM %	RBV %
2,6	5	6,92	19,02	63,61
	5,5	4,08	17,80	77,05
	6	3,15	18,25	82,77

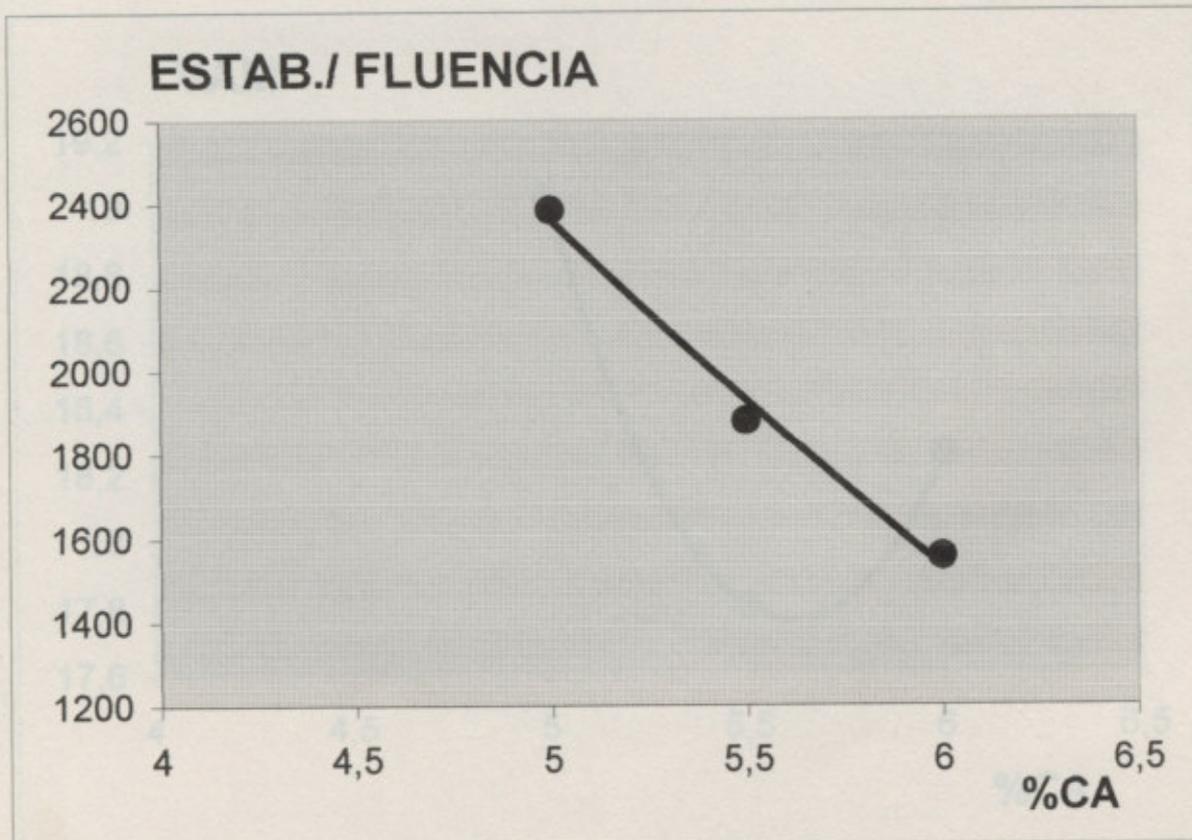
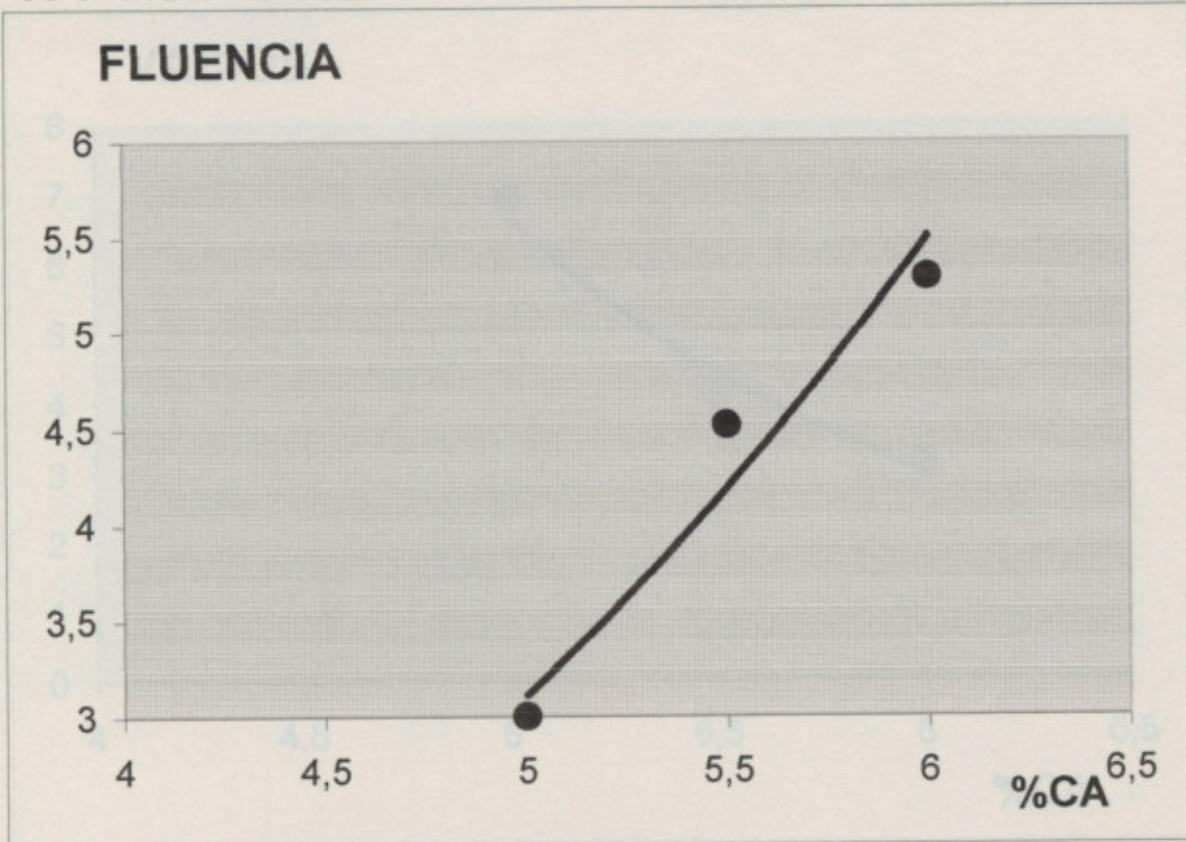
YPF ASF. 50/60

CANTESUR



YPF ASF. 50/60

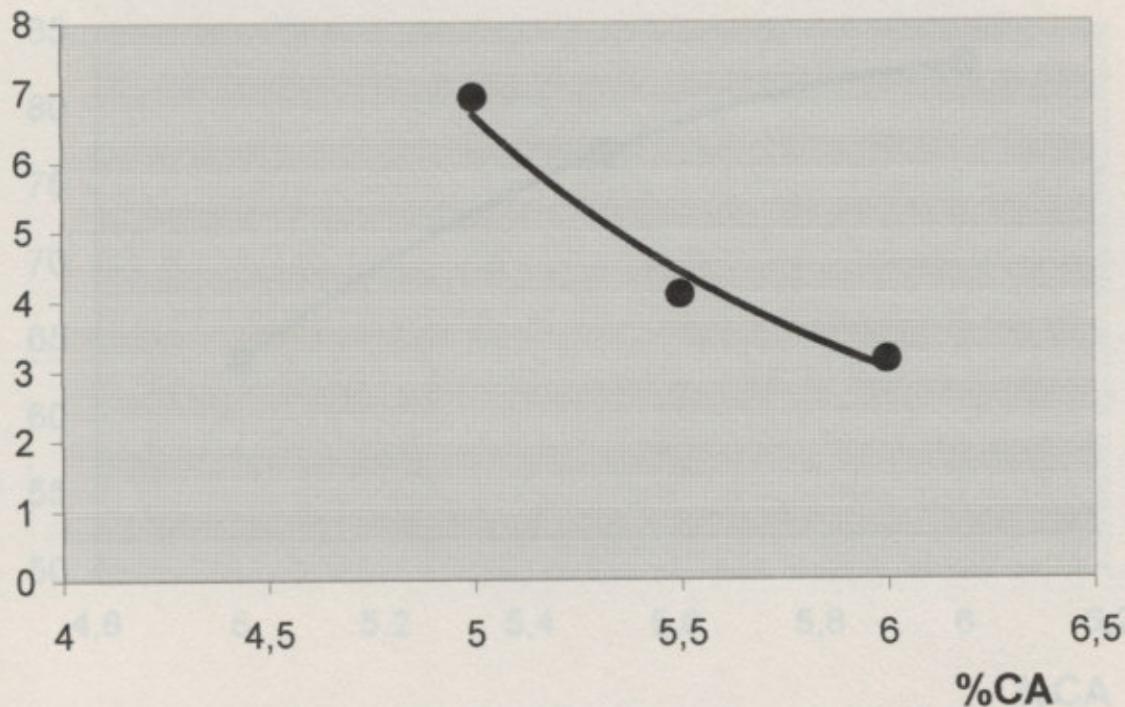
CANTESUR



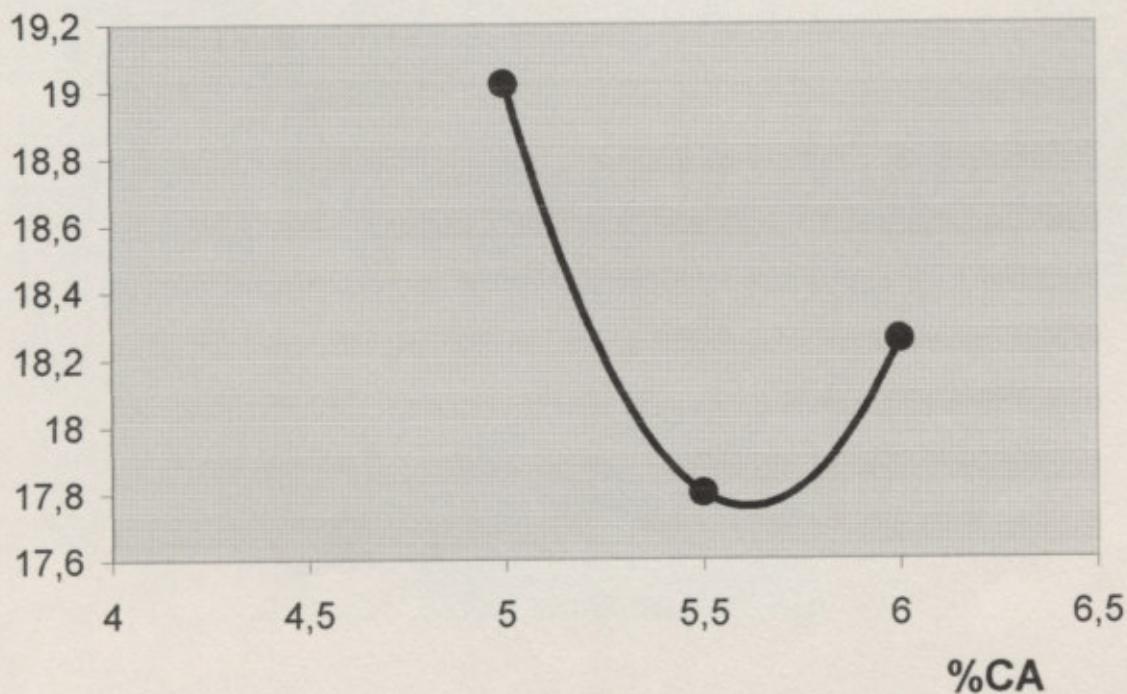
YPF ASF. 50/60

CANTESUR

VACIOS



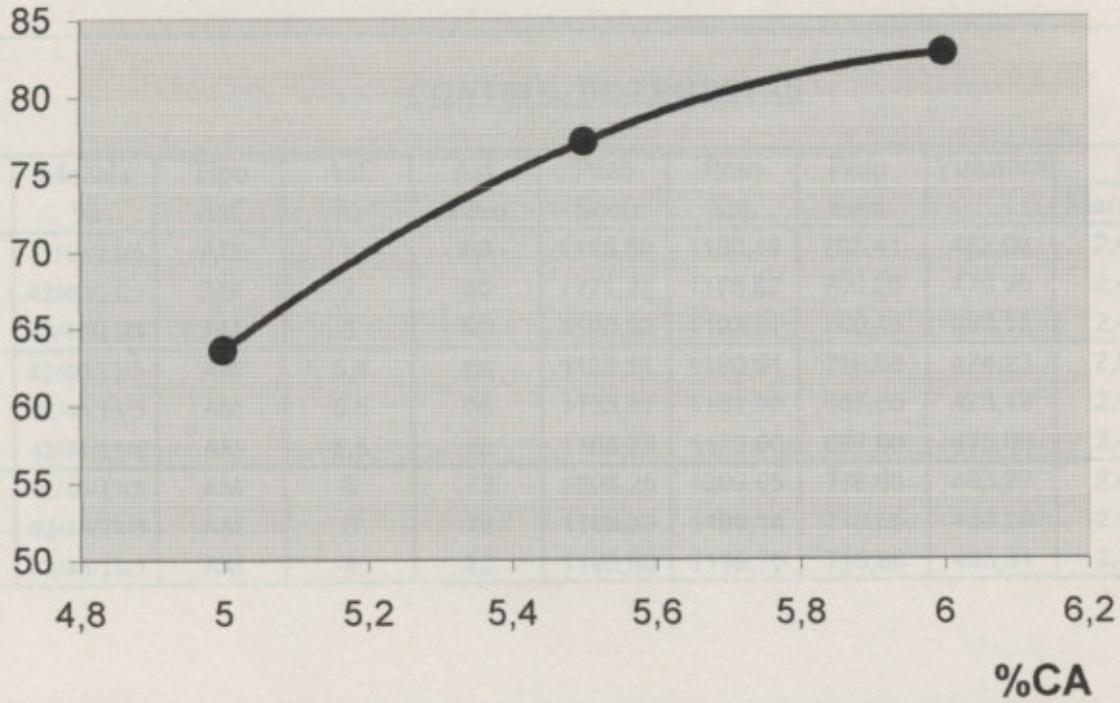
VAM



YPF ASF. 50/60

CANTESUR

RBV



Proyecto	Altura	Leotura	Leotura	Factor	Factor	Equivalencia	Puntuaje	Estado
N°	Proyecto	Div. Cargo	Div. Plazo	Acto	Comp. 18	Kg	Prop.	Acto
1a	61.80	112	215	0.52	1.26	1982.54	1.10	1075.28
1b	62.50	124	497	0.52	1.52	2072.60	4.50	932.94
1c	60.50	118	278	0.52	1.09	1676.24	4.15	402.54
2a	60.50	122	448	0.52	1.09	1132.00	1.10	1019.20
2b	60.50	137	451	0.52	1.09	1272.29	4.51	285.24
2c	60.7	127	459	0.52	1.09	1988.80	4.50	445.20
3a	63.50	120	489	0.52	1.09	1104.19	1.10	1003.37
3b	61.30	140	809	0.52	1.07	1276.30	5.03	254.31
3c	60.50	123	560	0.52	1.09	1131.00	3.00	376.20

UN	Ad.	Puntuaje	VM	RMV
	%	%	%	%
1.31	1	100%	100%	100%
	5	100%	100%	100%

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: YPF

ORIGEN DE LOS ÁRIDOS : CANTERA CANTESUR- LA CALERA -CÓRDOBA

FILLER: CEMENTO

CONTROL DE PROBETAS

Probeta N°	Mezcla %	Tipo Asf.	Asf. %	Asf. Peso	Peso Seco	Peso Sat.	Peso Sum.	Volumen	Densidad	
									Marshall	Prom.
1a	42/40/13/5	AM	5	60	1185,00	1190,49	708,41	482,08	2,46	2,44
1b	42/40/13/5	AM	5	60	1171,22	1178,62	700,26	478,36	2,45	
1c	42/40/13/5	AM	5	60	1190,92	1193,57	700,45	493,12	2,42	
2a	42/40/13/5	AM	5,5	66	1189,51	1190,91	716,68	474,23	2,51	2,47
2b	42/40/13/5	AM	5,5	66	1155,81	1160,98	687,86	473,12	2,44	
2c	42/40/13/5	AM	5,5	66	1168,78	1172,00	697,00	475,00	2,46	
3a	42/40/13/5	AM	6	72	1206,25	1209,93	716,66	493,27	2,45	2,48
3b	42/40/13/5	AM	6	72	1188,33	1199,14	710,85	488,29	2,43	
3c	42/40/13/5	AM	6	72	1195,60	1199,70	715,89	483,81	2,47	

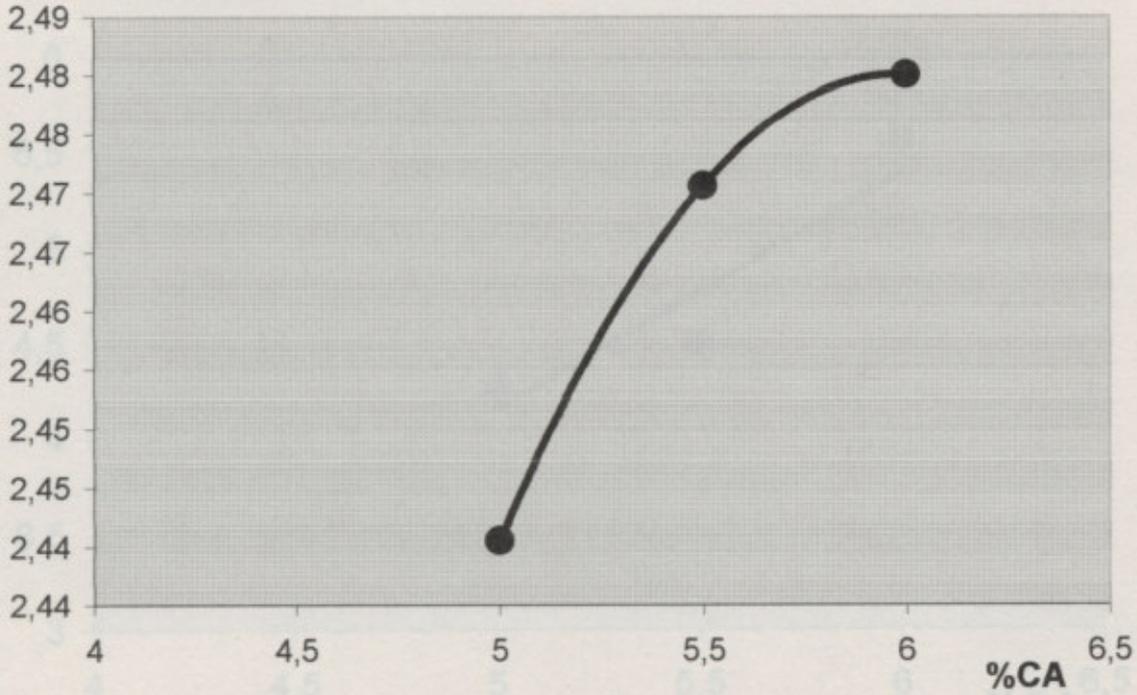
Probeta N°	Altura Probeta	Lectura Div/Carga	Lectura Div/Fluen	Factor Aro	Factor Corr x Alt.	Estabilidad		Fluencia		Estab/ fluen.
						Kg.	Prom.	mm.	Prom.	
1a	61,60	112	310	8,52	1,05	1001,95	1058,47	3,10	4,28	2474,98
1b	62,80	124	497	8,52	1,02	1077,61		4,97		
1c	60,50	118	476	8,52	1,09	1095,84		4,76		
2a	60,50	122	448	8,52	1,09	1132,99	1191,29	4,48	4,50	2649,28
2b	60,50	137	451	8,52	1,09	1272,29		4,51		
2c	60,7	127	450	8,52	1,08	1168,60		4,50		
3a	60,80	120	483	8,52	1,08	1104,19	1170,76	4,83	5,55	2108,21
3b	61,00	140	603	8,52	1,07	1276,30		6,03		
3c	60,80	123	580	8,52	1,08	1131,80		5,80		

Dt	Asf. %	Vacios %	VAM %	RBV %
2,52	5	3,15	15,36	69,46
	5,5	1,96	15,55	77,40
	6	2,00	16,88	88,15

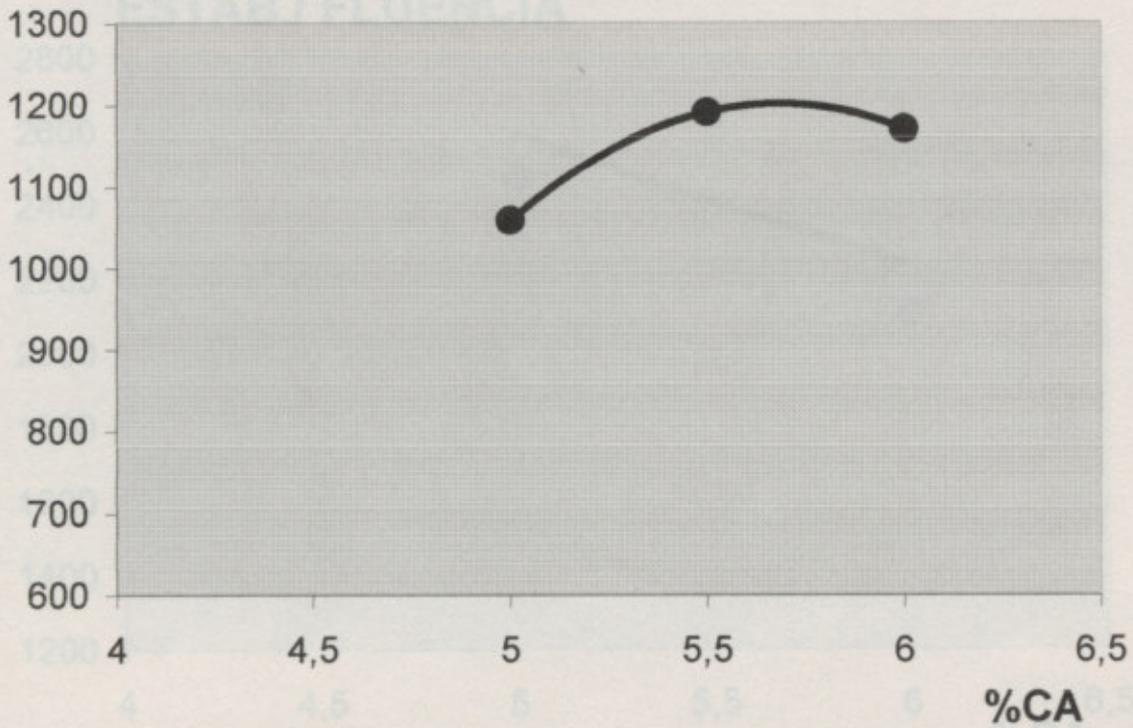
YPF ASF. AM

CANTESUR

DENSIDAD



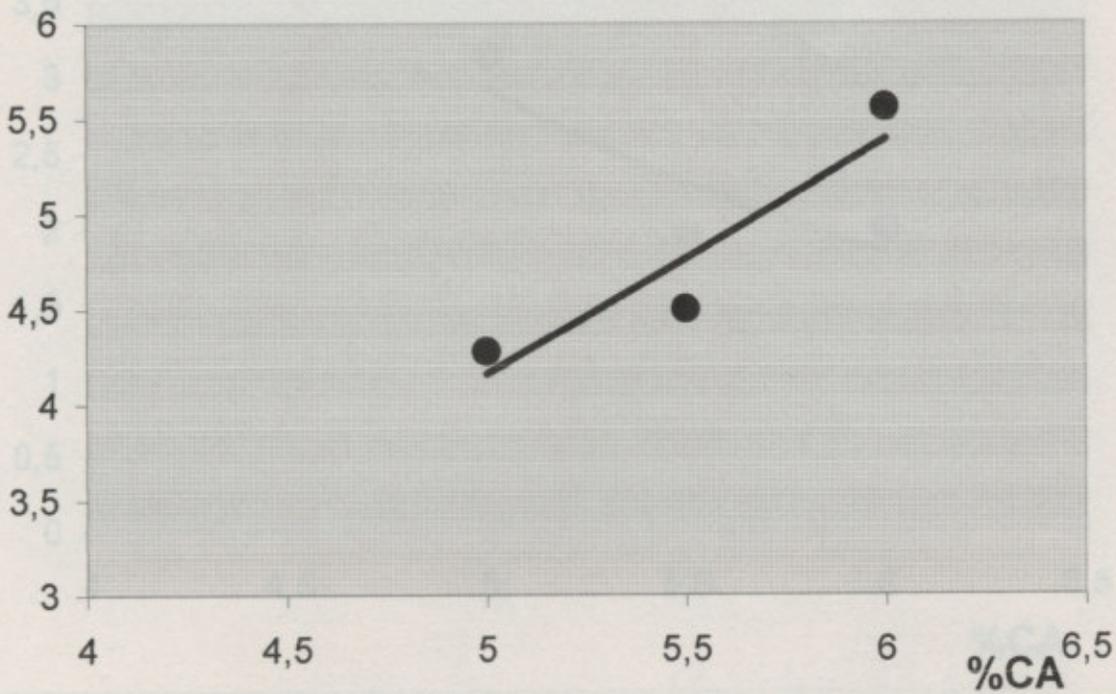
ESTABILIDAD



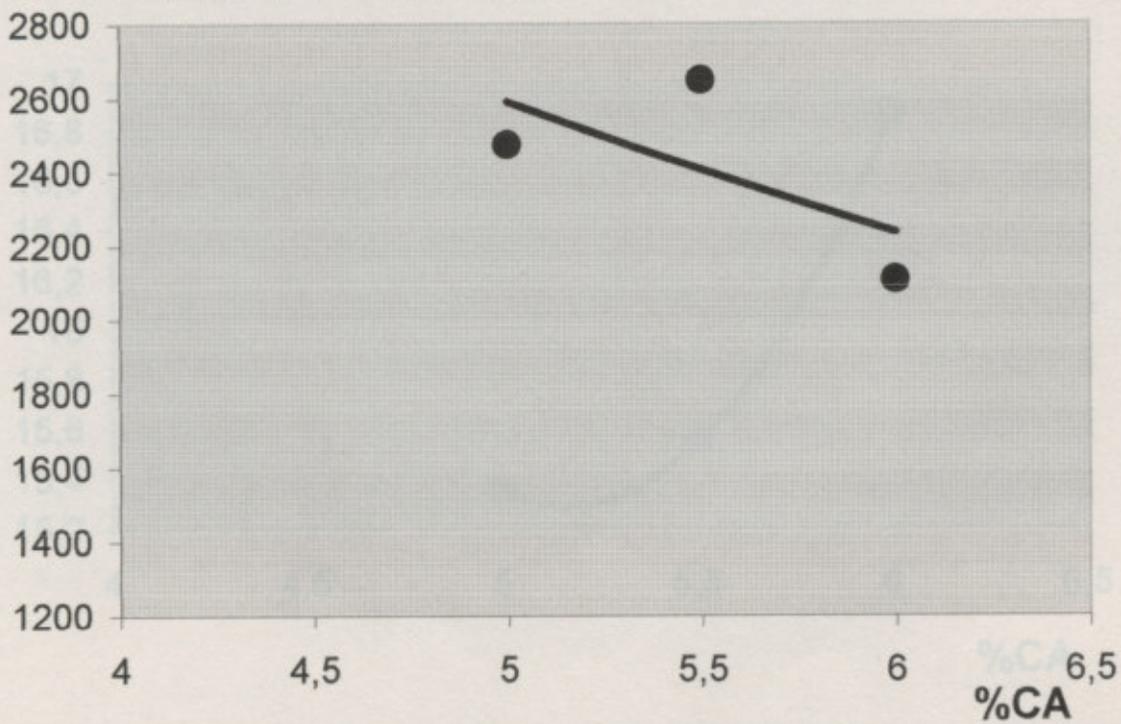
YPF ASF. AM

CANTESUR

FLUENCIA



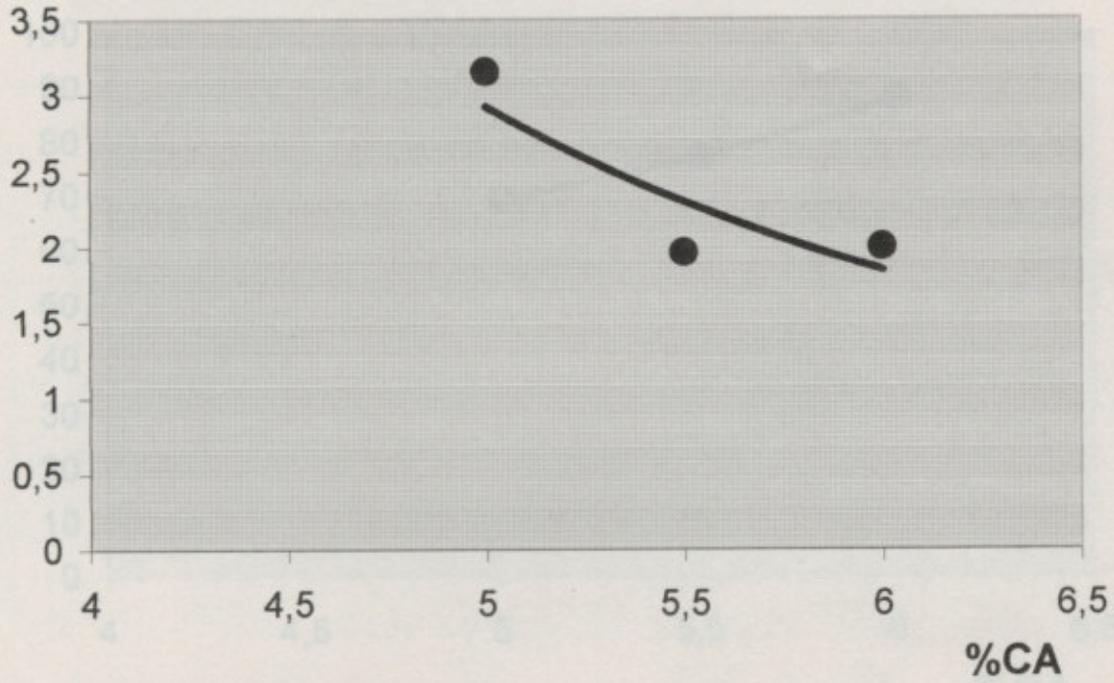
ESTAB./ FLUENCIA



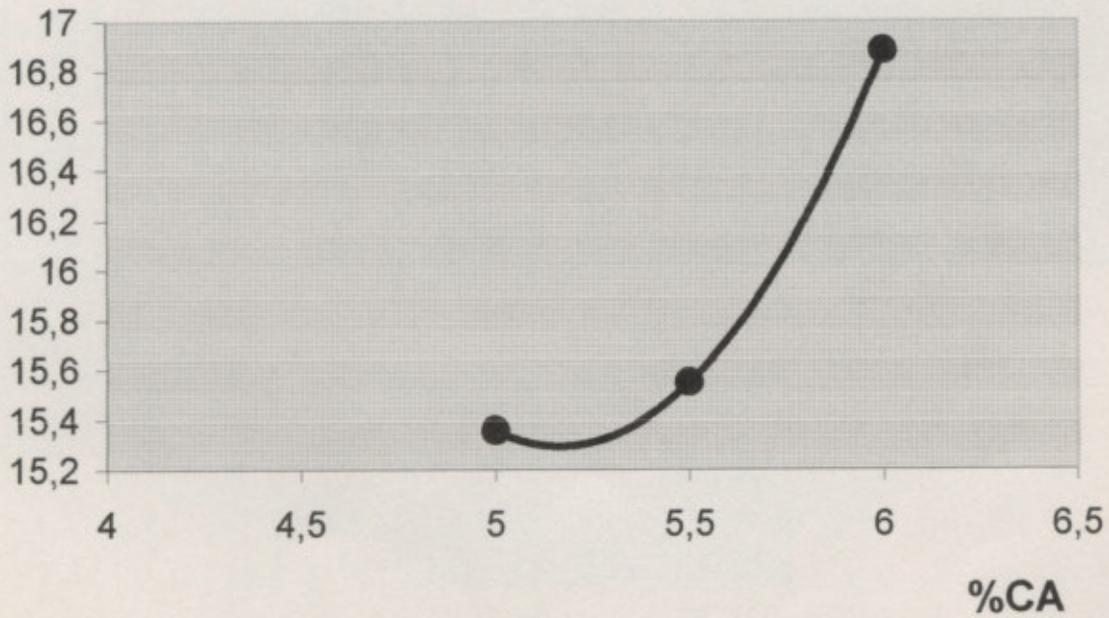
YPF ASF. AM

CANTESUR

VACIOS



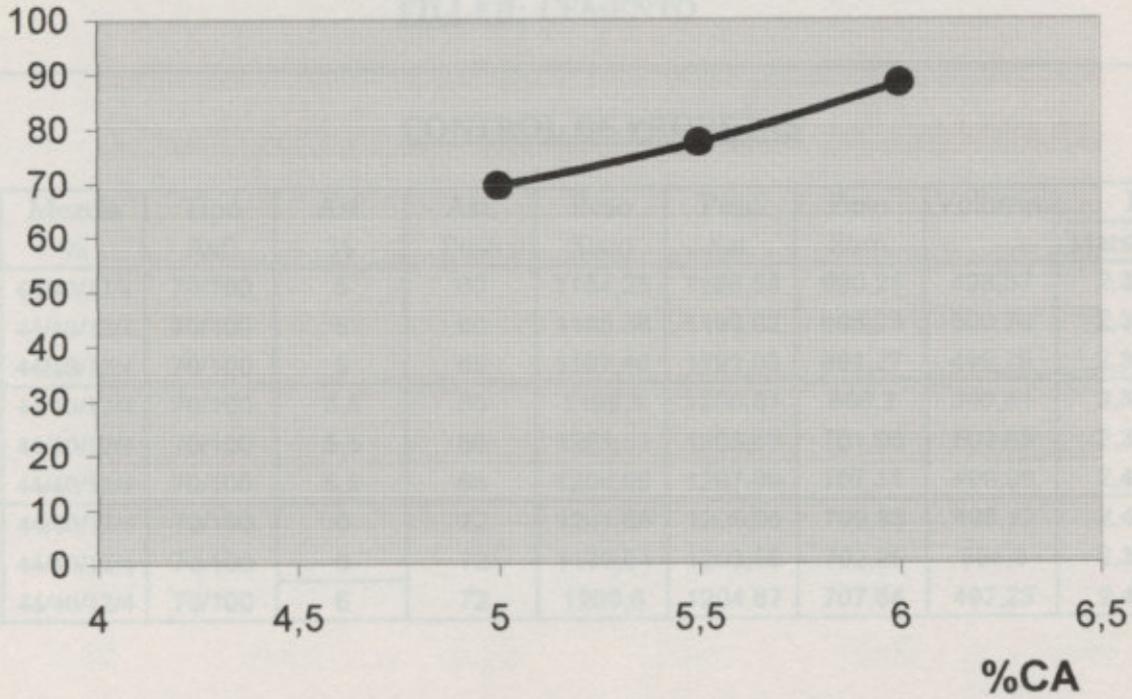
VAM



YPF ASF. AM

CANTESUR

RBV



6.2.3 CANTERA MARENGO

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: YPF

ORIGEN DE LOS ÁRIDOS : CANTERA MARENGO- AZUL - BUENOS AIRES

FILLER: CEMENTO

CONTROL DE PROBETAS

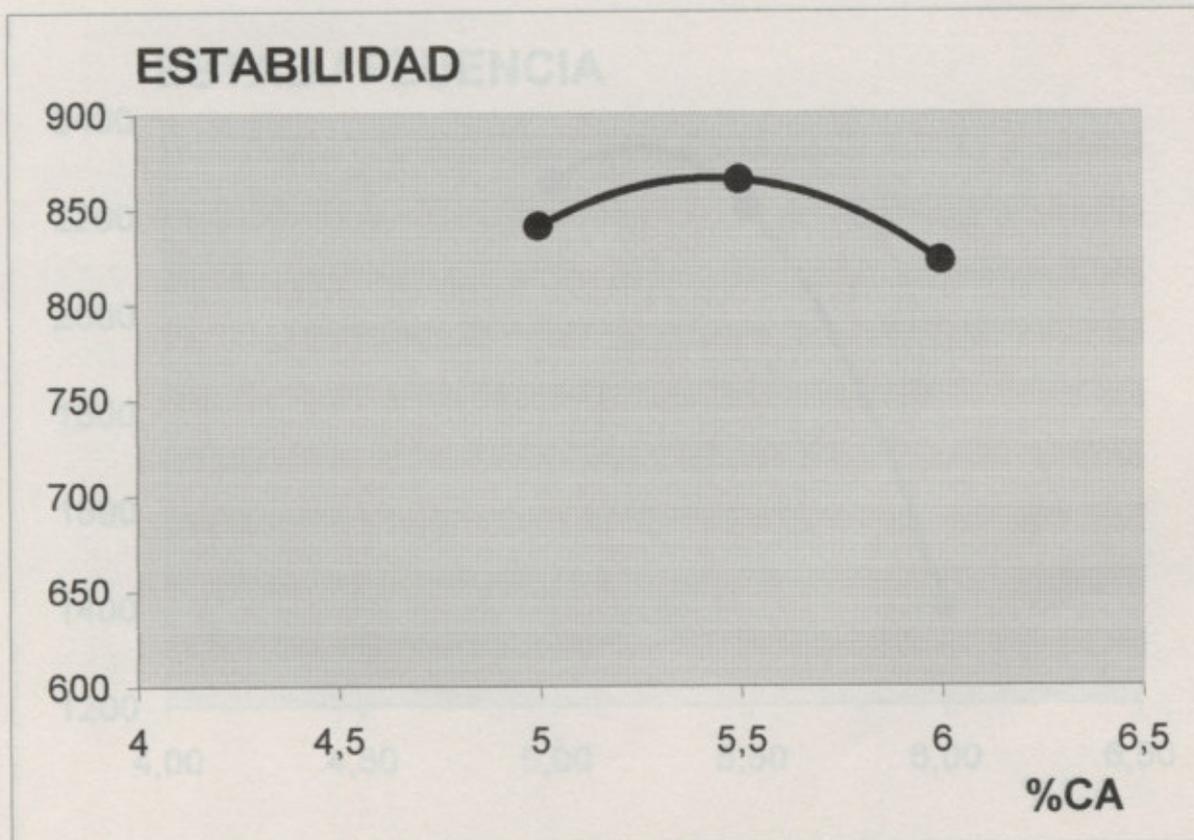
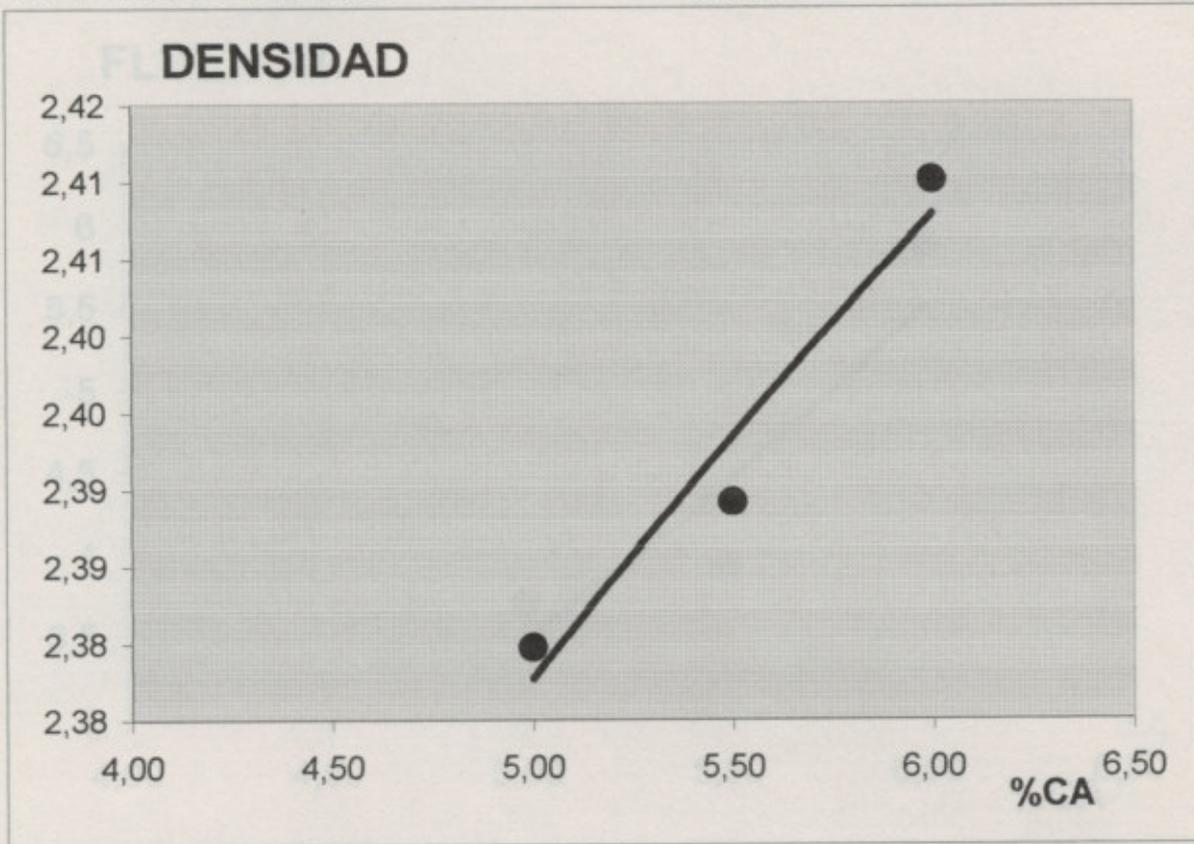
Probeta N°	Mezcla %	Tipo Asf.	Asf. %	Asf. Peso	Peso Seco	Peso Sat.	Peso Sum.	Volumen	Densidad	
									Marshall	Prom.
1a	44/40/12/4	70/100	5	60	1184,23	1188,58	690,21	498,37	2,38	2,38
1b	44/40/12/4	70/100	5	60	1195,36	1199,02	698,23	500,79	2,39	
1c	44/40/12/4	70/100	5	60	1187,46	1191,03	691,27	499,76	2,38	
2a	44/40/12/4	70/100	5,5	66	1195,3	1200,01	696,2	503,81	2,37	2,39
2b	44/40/12/4	70/100	5,5	66	1201,51	1205,63	701,98	503,65	2,39	
2c	44/40/12/4	70/100	5,5	66	1204,65	1207,09	707,11	499,98	2,41	
3a	44/40/12/4	70/100	6	72	1201,66	1205,95	709,83	496,12	2,42	2,41
3b	44/40/12/4	70/100	6	72	1199,84	1203,55	702,25	501,3	2,39	
3c	44/40/12/4	70/100	6	72	1200,6	1204,87	707,64	497,23	2,41	

Probeta N°	Altura Probeta	Lectura Div/Carga	Lectura Div/Fluen	Factor Aro	Factor Corr x Alt.	Estabilidad		Fluencia		Estab/ fluen.
						Kg.	Prom.	mm.	Prom.	
1a	61,5	101	359	8,52	1,05	903,55	841,21	3,59	3,71	2269,45
1b	61,7	95	390	8,52	1,04	841,78		3,9		
1c	61,6	87	363	8,52	1,05	778,30		3,63		
2a	62,1	98	358	8,52	1,03	860,01	865,66	3,58	3,90	2217,75
2b	62,1	101	416	8,52	1,03	886,34		4,16		
2c	61,6	96	397	8,52	1,04	850,64		3,97		
3a	61,2	96	560	8,52	1,06	867,00	822,80	5,6	5,87	1402,51
3b	61,8	89	585	8,52	1,04	788,61		5,85		
3c	61,3	90	615	8,52	1,06	812,81		6,15		

Dt	Asf. %	Vacios %	VAM %	RBV %
2,5	5	4,81	16,71	71,21
	5,5	4,43	17,57	74,77
	6	3,60	18,06	80,08

YPF ASF. 70/100

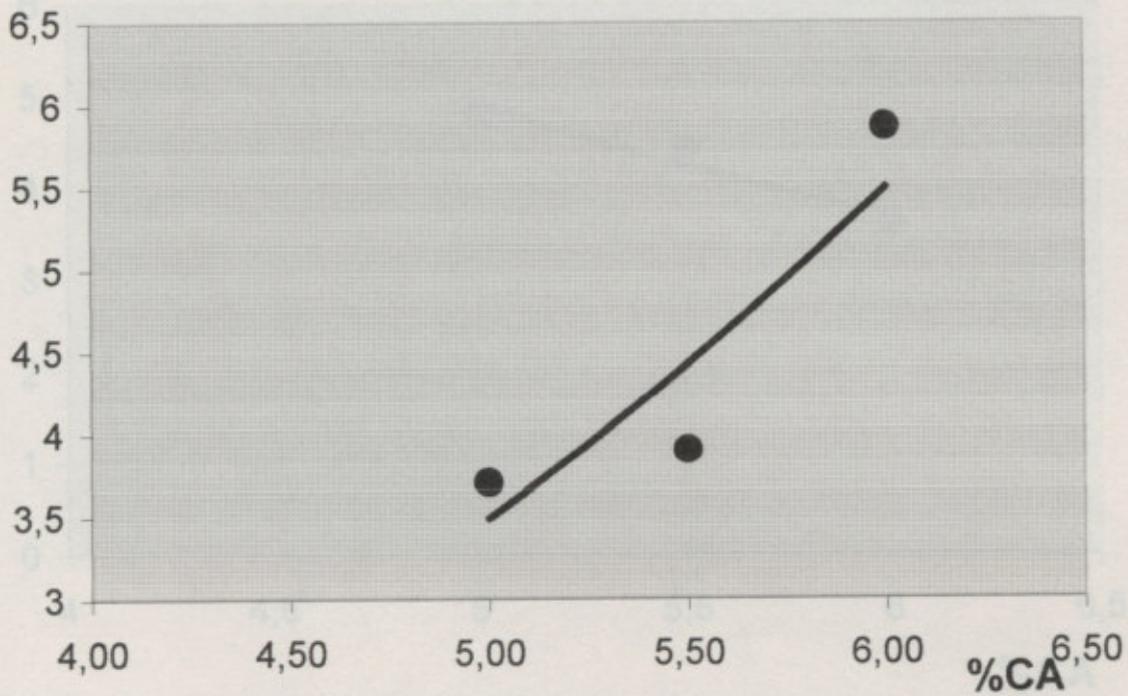
MARENGO



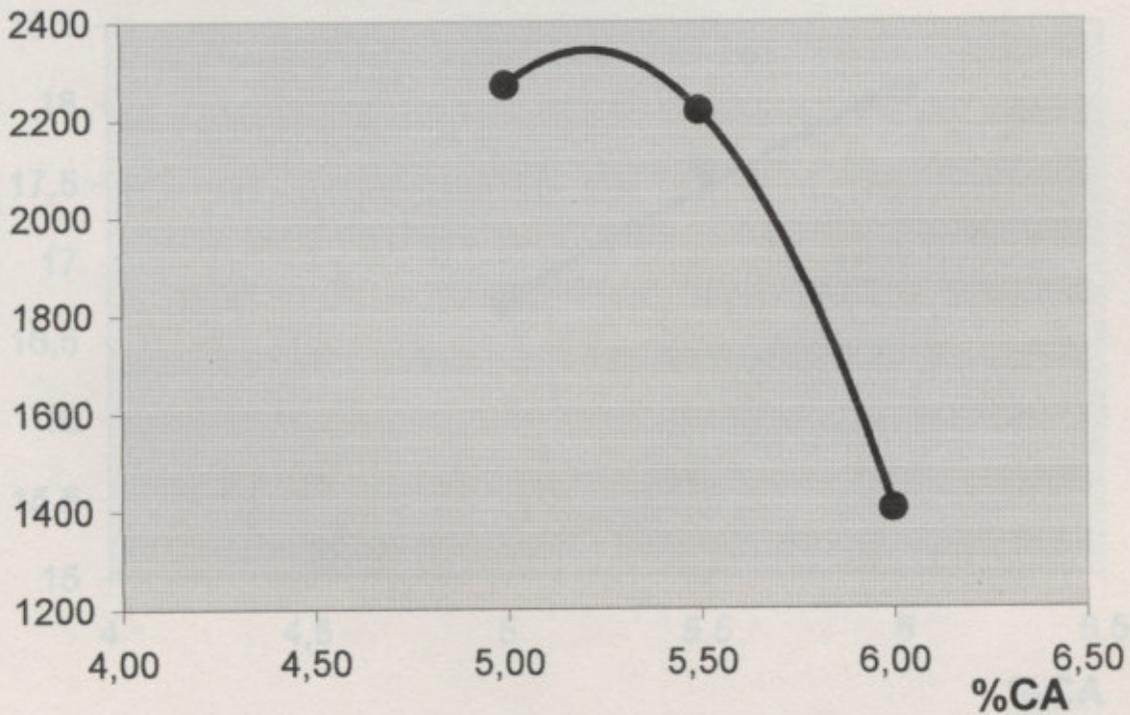
YPF ASF.70/100

MARENGO

FLUENCIA



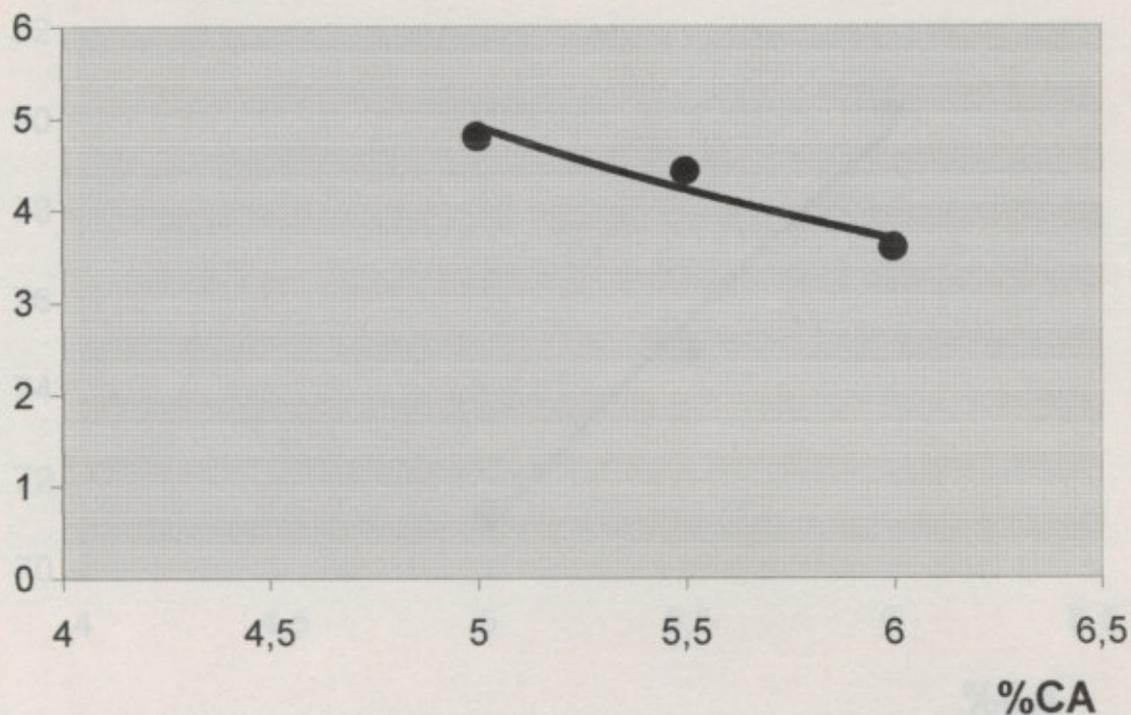
ESTAB./ FLUENCIA



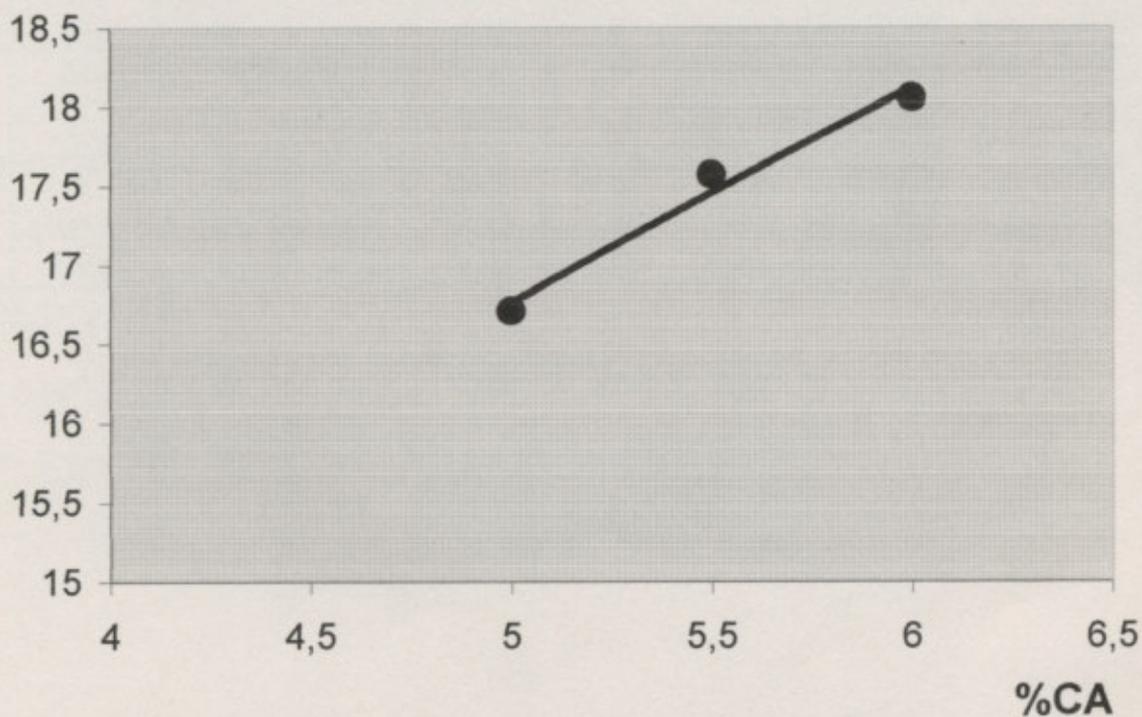
YPF ASF. 70/100

MARENGO

VACIOS

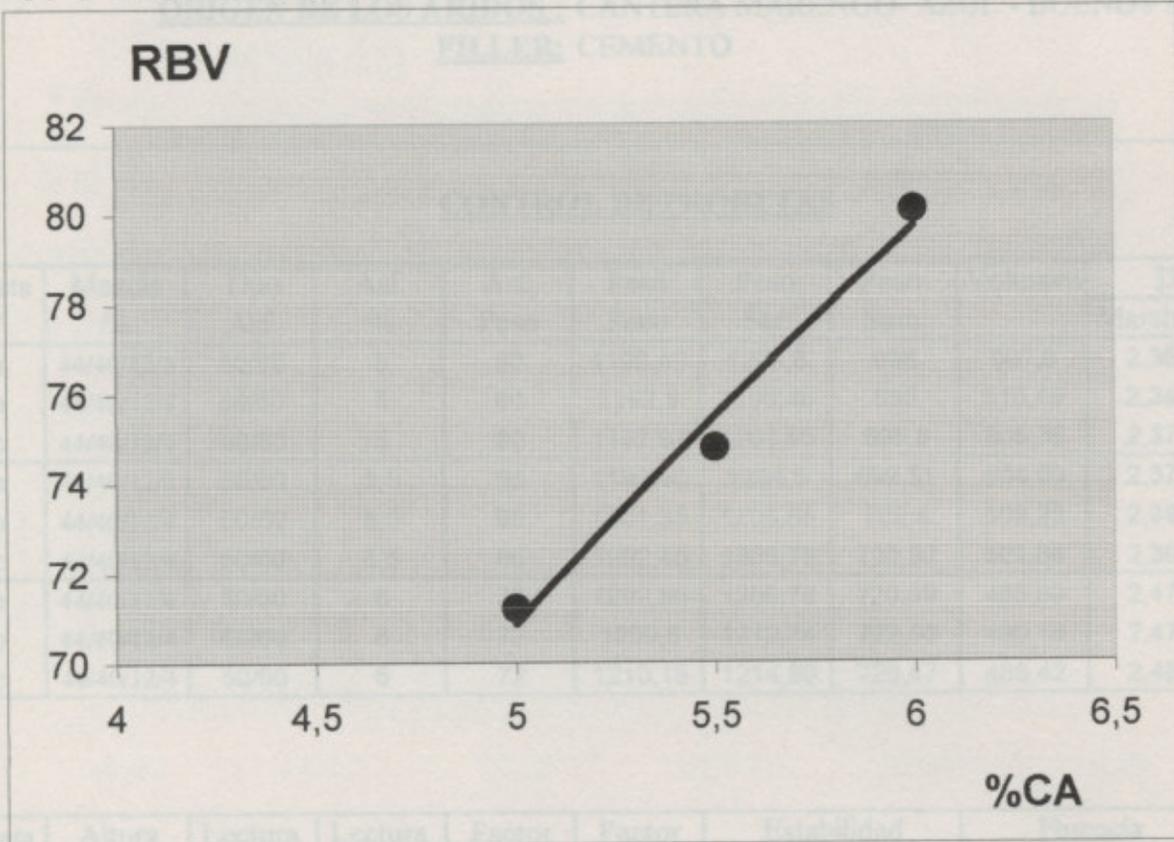


VAM



YPF ASF.70/100

MARENGO



PROCEDENCIA DEL ASFALTO: YPF

ORIGEN DE LOS ÁRIDOS : CANTERA MARENGO- AZUL - BUENOS AIRES

FILLER: CEMENTO

CONTROL DE PROBETAS

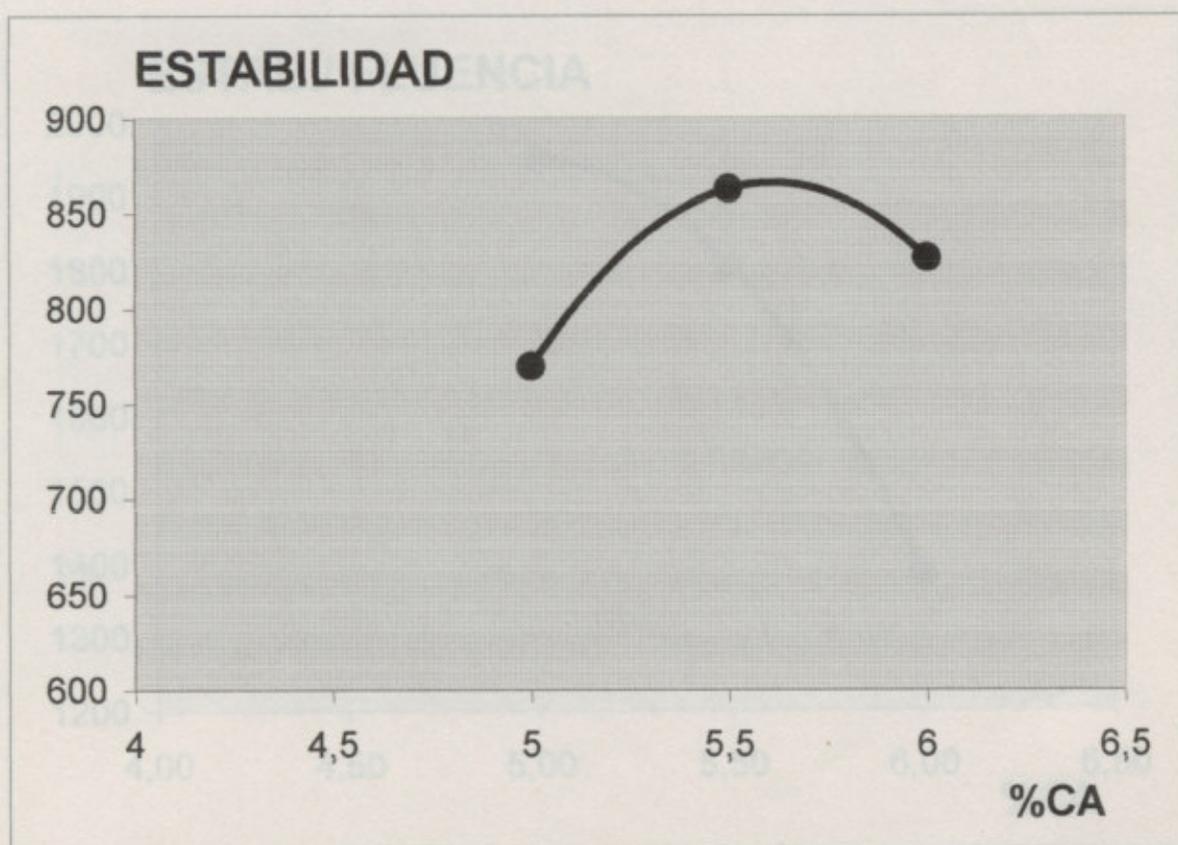
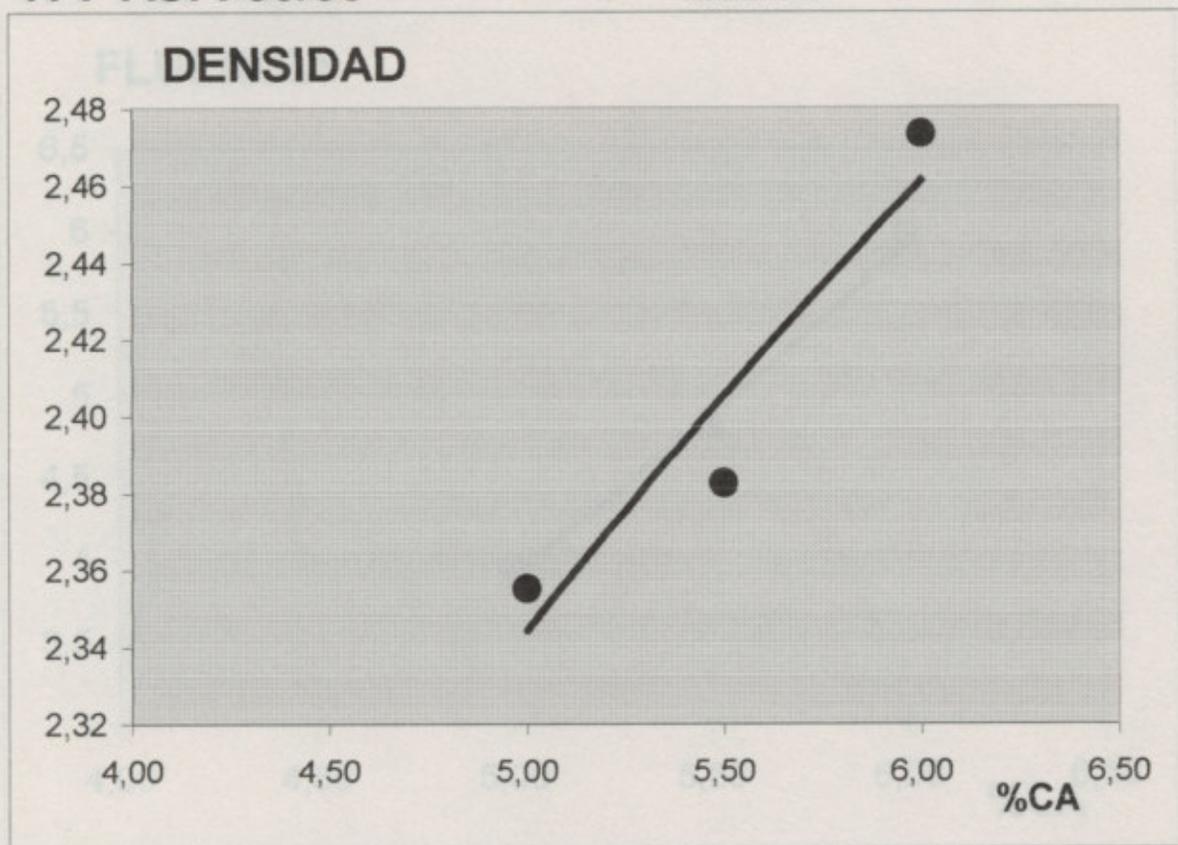
Probeta N°	Mezcla %	Tipo Asf.	Asf. %	Asf. Peso	Peso Seco	Peso Sat.	Peso Sum.	Volumen	Densidad	
									Marshall	Prom.
1a	44/40/12/4	50/60	5	60	1198,49	1205,6	698	507,6	2,36	2,36
1b	44/40/12/4	50/60	5	60	1192,5	1196,48	686	510,48	2,34	
1c	44/40/12/4	50/60	5	60	1197,97	1201,56	695,8	505,76	2,37	
2a	44/40/12/4	50/60	5,5	66	1198,98	1204,5	699,51	504,99	2,37	2,38
2b	44/40/12/4	50/60	5,5	66	1201,35	1205,65	702,4	503,25	2,39	
2c	44/40/12/4	50/60	5,5	66	1202,45	1206,78	702,92	503,86	2,39	
3a	44/40/12/4	50/60	6	72	1202,56	1206,78	720,89	485,89	2,47	2,47
3b	44/40/12/4	50/60	6	72	1209,5	1212,74	722,58	490,16	2,47	
3c	44/40/12/4	50/60	6	72	1210,15	1214,89	726,47	488,42	2,48	

Probeta N°	Altura Probeta	Lectura Div/Carga	Lectura Div/Fluen	Factor Aro	Factor Corr x Alt.	Estabilidad		Fluencia		Estab/ fluen.
						Kg.	Prom.	mm.	Prom.	
1a	62,6	92	430	8,52	1,02	799,52	770,01	4,3	3,95	1949,39
1b	62,9	90	380	8,52	1,02	782,14		3,8		
1c	62,4	83	375	8,52	1,03	728,37		3,75		
2a	62,3	115	485	8,52	1,03	1009,19	862,93	4,85	4,79	1802,79
2b	62,1	92	479	8,52	1,03	807,36		4,79		
2c	62,1	88	472	8,52	1,03	772,25		4,72		
3a	60,5	86	565	8,52	1,09	798,66	826,53	5,65	5,96	1386,79
3b	60,5	86	593	8,52	1,09	798,66		5,93		
3c	60,5	95	630	8,52	1,09	882,25		6,3		

Dt	Asf. %	Vacios %	VAM %	RBV %
2,49	5	5,41	17,19	68,52
	5,5	4,31	17,31	75,70
	6	0,67	17,63	84,18

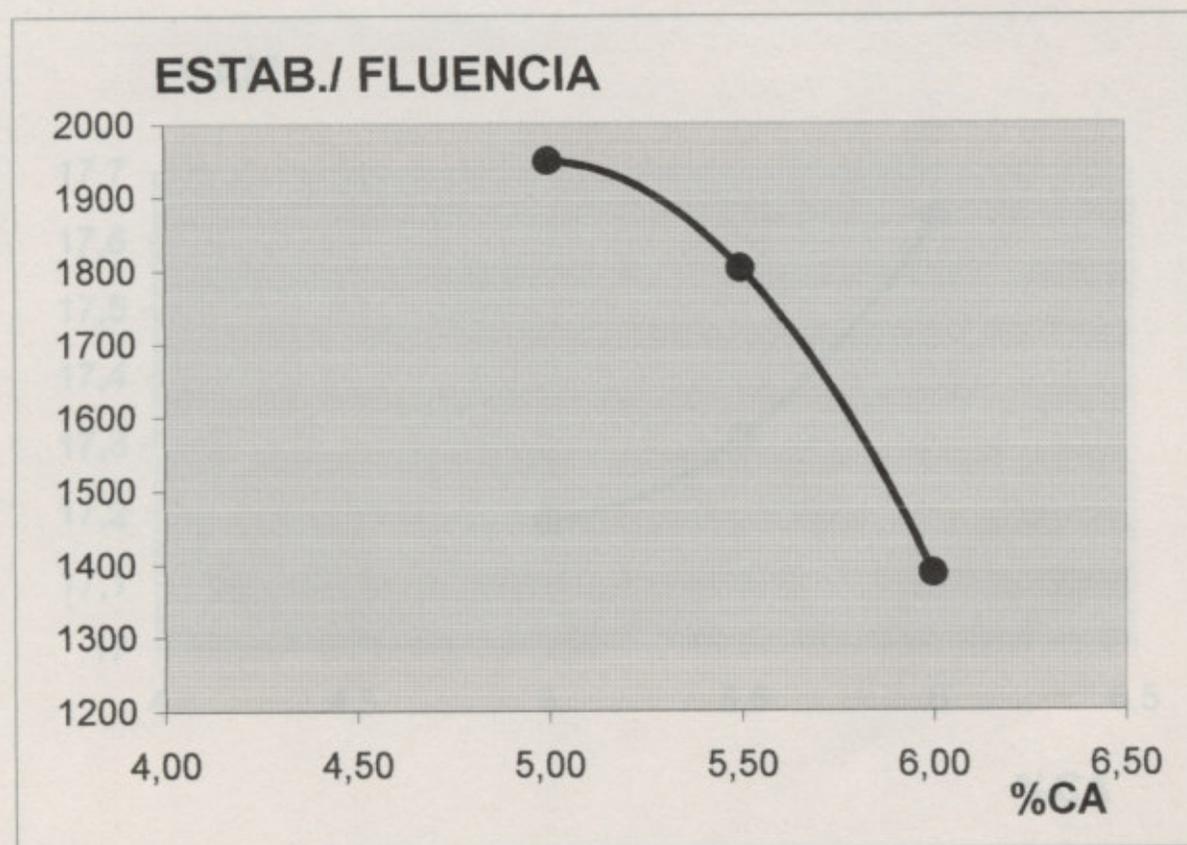
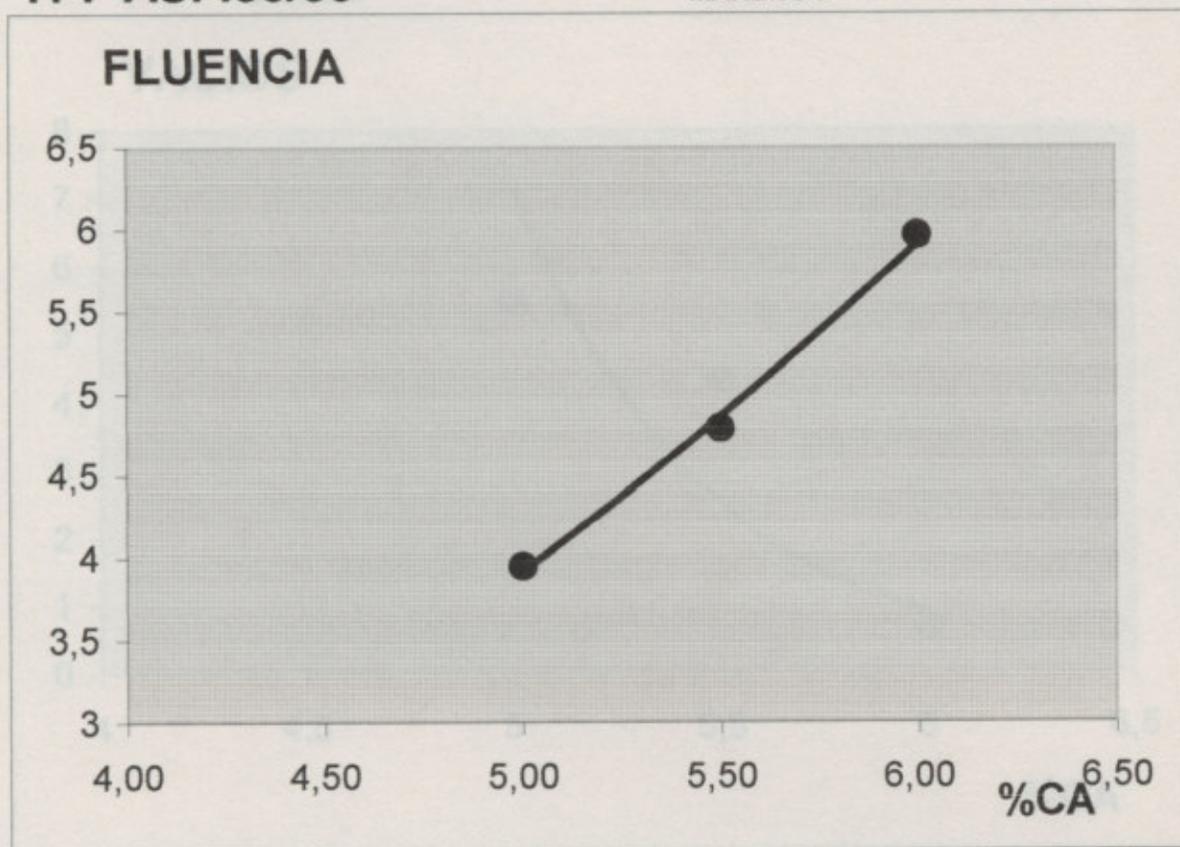
YPF ASF. 50/60

MARENGO



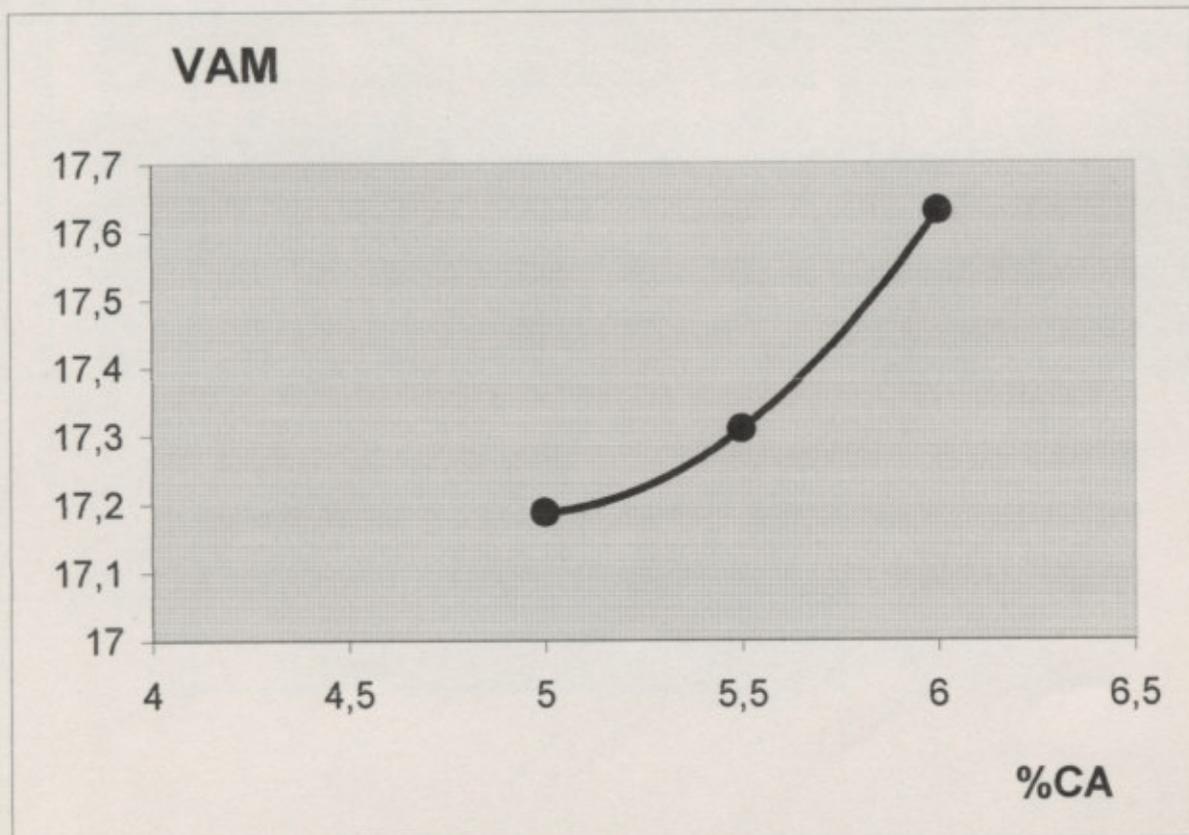
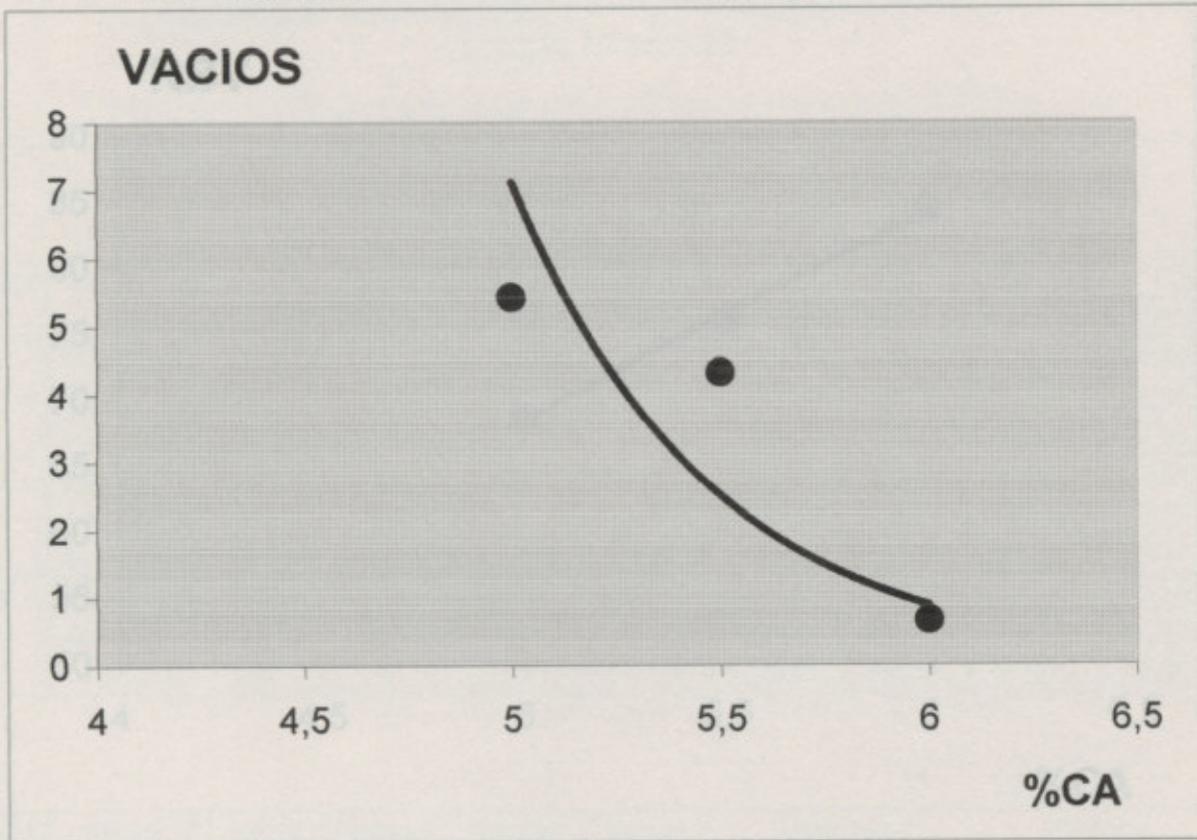
YPF ASF.50/60

MARENGO



YPF ASF. 50/60

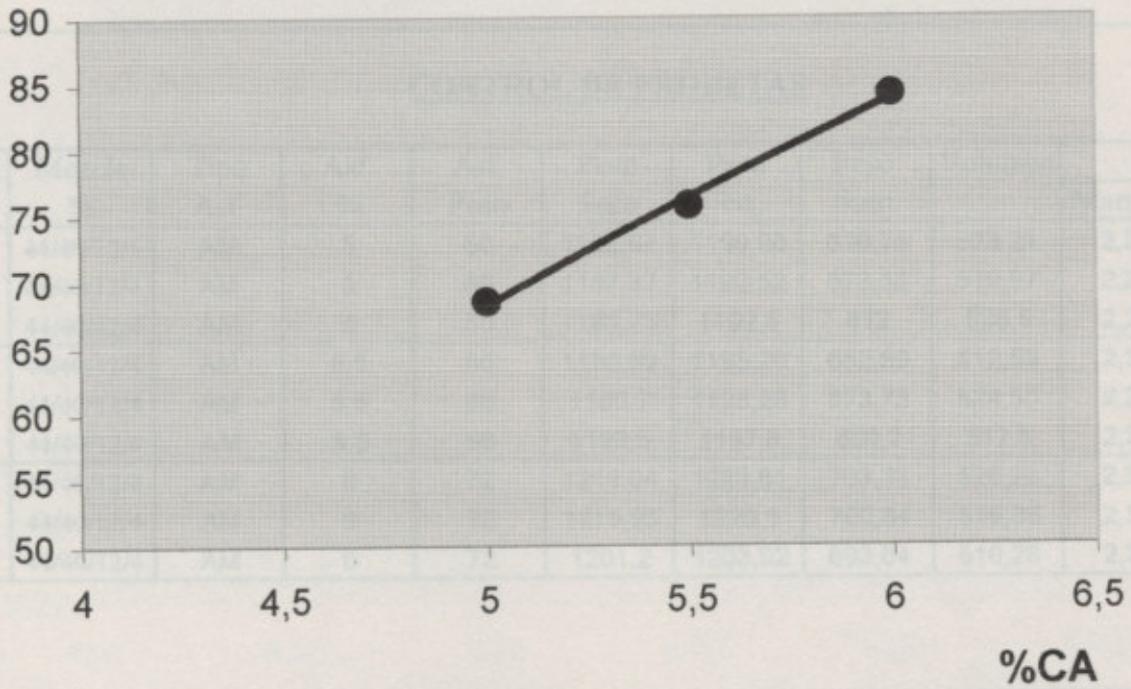
MARENGO



YPF ASF.50/60

MARENGO

RBV



Dn	Ad	Valor	VAM	RBV
	%	%	%	%
247	5	1300	100	72.88
	5.5	1320	100	76.38
	6	1330	100	85.32

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: YPF

ORIGEN DE LOS ÁRIDOS : CANTERA MARENGO- AZUL - BUENOS AIRES

FILLER: CEMENTO

CONTROL DE PROBETAS

Mezcla %	Tipo Asf.	Asf. %	Asf. Peso	Peso Seco	Peso Sat.	Peso Sum.	Volumen	Densidad	
								Marshall	Prom.
44/40/12/4	AM	5	60	1192,97	1199,96	676,75	523,21	2,28	2,28
44/40/12/4	AM	5	60	1187,37	1193,52	673,55	519,97	2,28	
44/40/12/4	AM	5	60	1189,25	1192,5	672	520,5	2,28	
44/40/12/4	AM	5,5	66	1190,89	1195,28	682,69	512,59	2,32	2,30
44/40/12/4	AM	5,5	66	1190,7	1198,28	673,73	524,55	2,27	
44/40/12/4	AM	5,5	66	1193,5	1197,8	680,2	517,6	2,31	
44/40/12/4	AM	6	72	1219,04	1223,61	703,33	520,28	2,34	2,35
44/40/12/4	AM	6	72	1215,93	1220,5	700,84	519,66	2,34	
44/40/12/4	AM	6	72	1201,2	1203,92	693,64	510,28	2,35	

Altura Probeta	Lectura Div/Carga	Lectura Div/Fluen	Factor Aro	Factor Corr x Alt.	Estabilidad		Fluencia		Estab/ fluen.
					Kg.	Prom.	mm.	Prom.	
66,6	98	436	8,52	0,93	776,51	806,70	4,36	4,15	1945,42
65,6	103	428	8,52	0,95	833,68		4,28		
64,2	97	380	8,52	0,98	809,91		3,8		
64,2	137	495	8,52	0,98	1143,90	1088,49	4,95	4,99	2182,79
66,4	122	498	8,52	0,94	977,07		4,98		
63,35	133	503	8,52	1,01	1144,49		5,03		
65,8	119	658	8,52	0,95	963,19	820,19	6,58	6,93	1184,11
65,7	85	720	8,52	0,95	687,99		7,2		
63,4	95	700	8,52	1	809,40		7		

Dt	Asf. %	Vacios %	VAM %	RBV %
2,47	5	4,06	15,80	72,24
	5,5	3,36	16,30	77,59
	6	3,28	16,30	86,34

PROCEDENCIA DEL ASFALTO: YPF

ORIGEN DE LOS ÁRIDOS : CANTERA MARENGO- AZUL - BUENOS AIRES

FILLER: CEMENTO

CONTROL DE PROBETAS

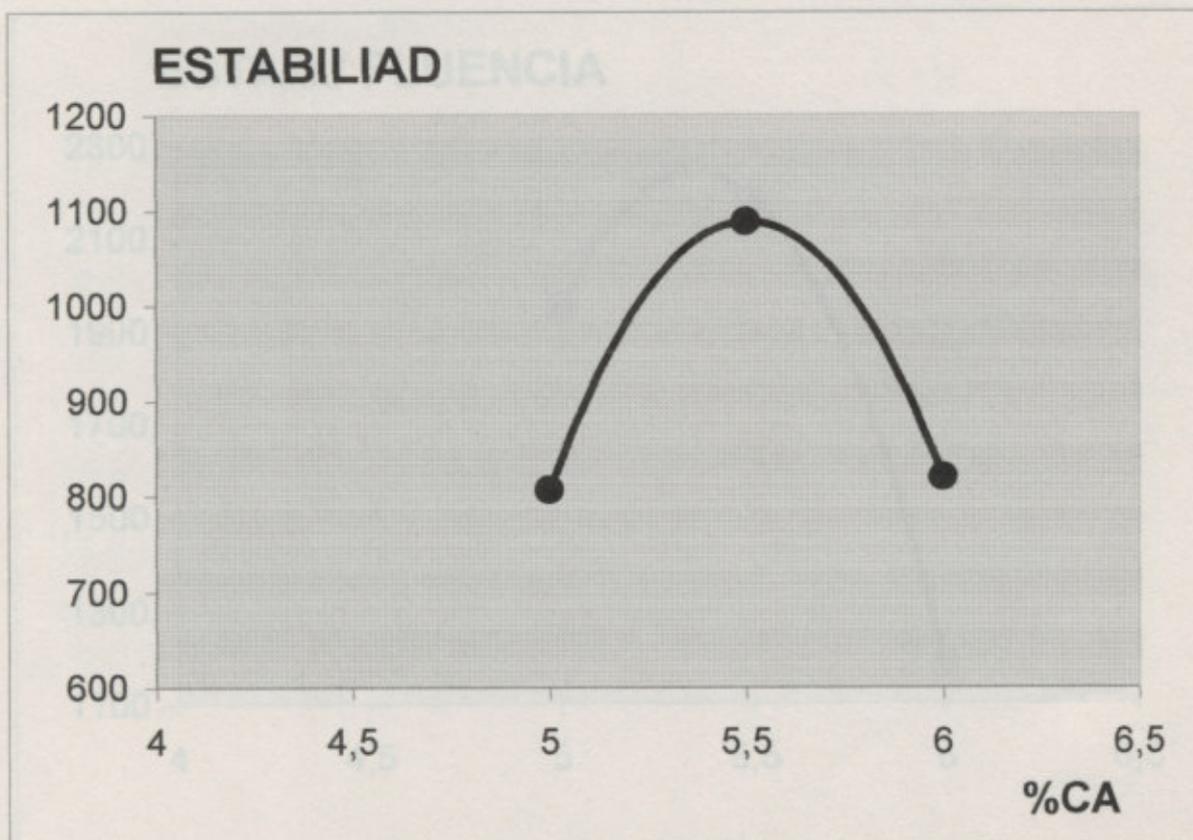
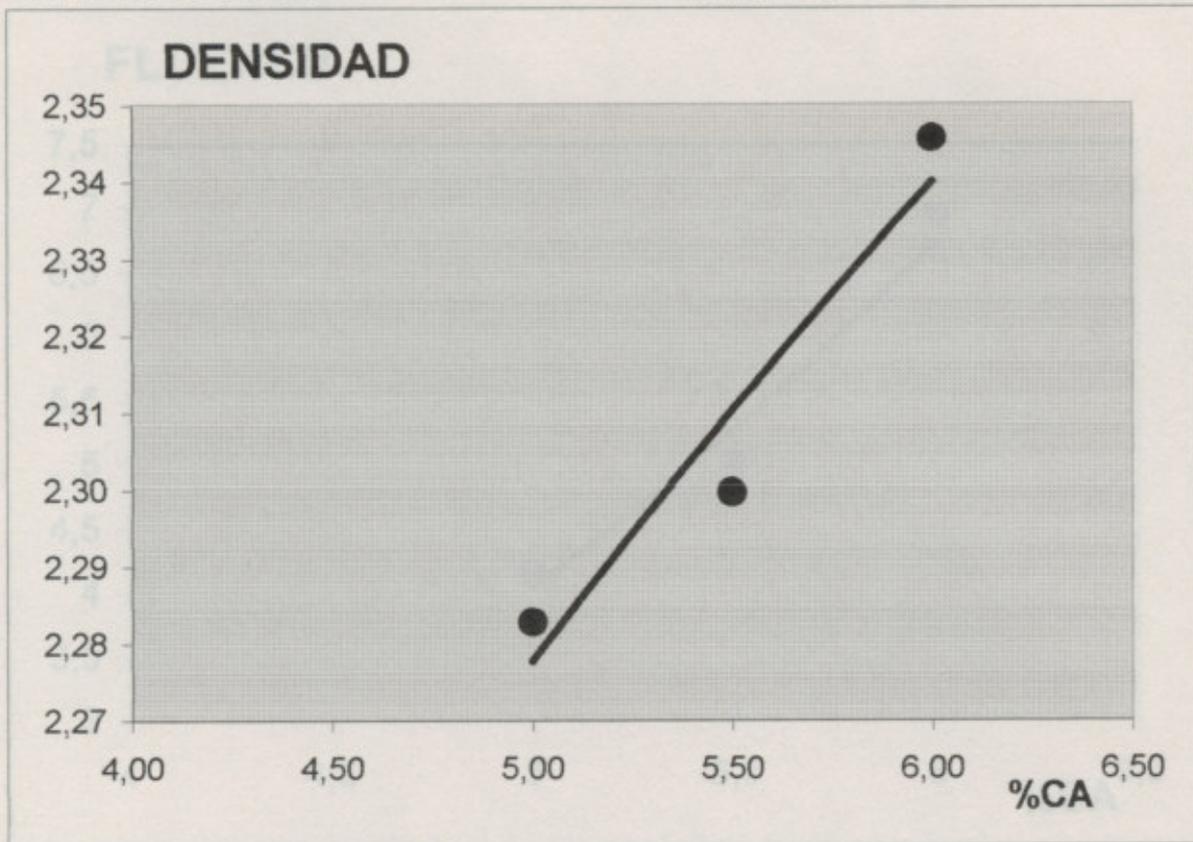
Probeta N°	Mezcla %	Tipo Asf.	Asf. %	Asf. Peso	Peso Seco	Peso Sat.	Peso Sum.	Volumen	Densidad	
									Marshall	Prom.
1a	44/40/12/4	AM	5	60	1192,97	1199,96	676,75	523,21	2,28	2,28
1b	44/40/12/4	AM	5	60	1187,37	1193,52	673,55	519,97	2,28	
1c	44/40/12/4	AM	5	60	1189,25	1192,5	672	520,5	2,28	
2a	44/40/12/4	AM	5,5	66	1190,89	1195,28	682,69	512,59	2,32	2,30
2b	44/40/12/4	AM	5,5	66	1190,7	1198,28	673,73	524,55	2,27	
2c	44/40/12/4	AM	5,5	66	1193,5	1197,8	680,2	517,6	2,31	
3a	44/40/12/4	AM	6	72	1219,04	1223,61	703,33	520,28	2,34	2,35
3b	44/40/12/4	AM	6	72	1215,93	1220,5	700,84	519,66	2,34	
3c	44/40/12/4	AM	6	72	1201,2	1203,92	693,64	510,28	2,35	

Probeta N°	Altura Probeta	Lectura Div/Carga	Lectura Div/Fluen	Factor Aro	Factor Corr x Alt.	Estabilidad		Fluencia		Estab/ fluen.
						Kg.	Prom.	mm.	Prom.	
1a	66,6	98	436	8,52	0,93	776,51	806,70	4,36	4,15	1945,42
1b	65,6	103	428	8,52	0,95	833,68		4,28		
1c	64,2	97	380	8,52	0,98	809,91		3,8		
2a	64,2	137	495	8,52	0,98	1143,90	1088,49	4,95	4,99	2182,79
2b	66,4	122	498	8,52	0,94	977,07		4,98		
2c	63,35	133	503	8,52	1,01	1144,49		5,03		
3a	65,8	119	658	8,52	0,95	963,19	820,19	6,58	6,93	1184,11
3b	65,7	85	720	8,52	0,95	687,99		7,2		
3c	63,4	95	700	8,52	1	809,40		7		

Dt	Asf. %	Vacios %	VAM %	RBV %
2,47	5	4,06	15,80	72,24
	5,5	3,36	16,30	77,59
	6	3,28	16,30	86,34

YPF ASF. AM

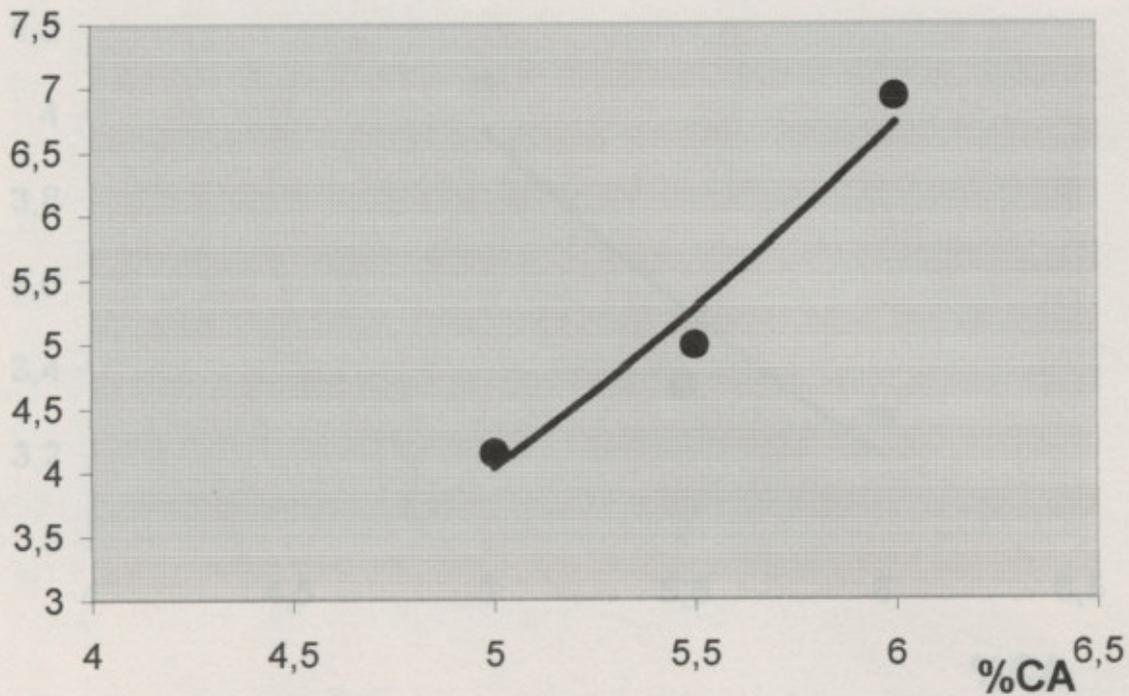
MARENGO



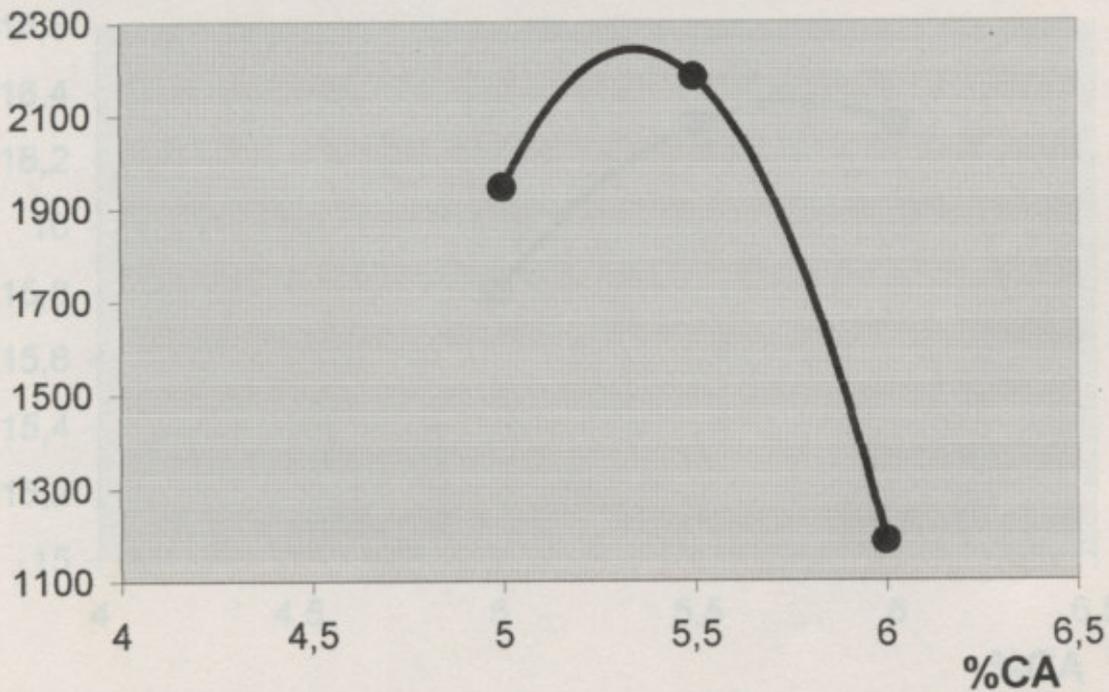
YPF ASF. AM

MARENGO

FLUENCIA



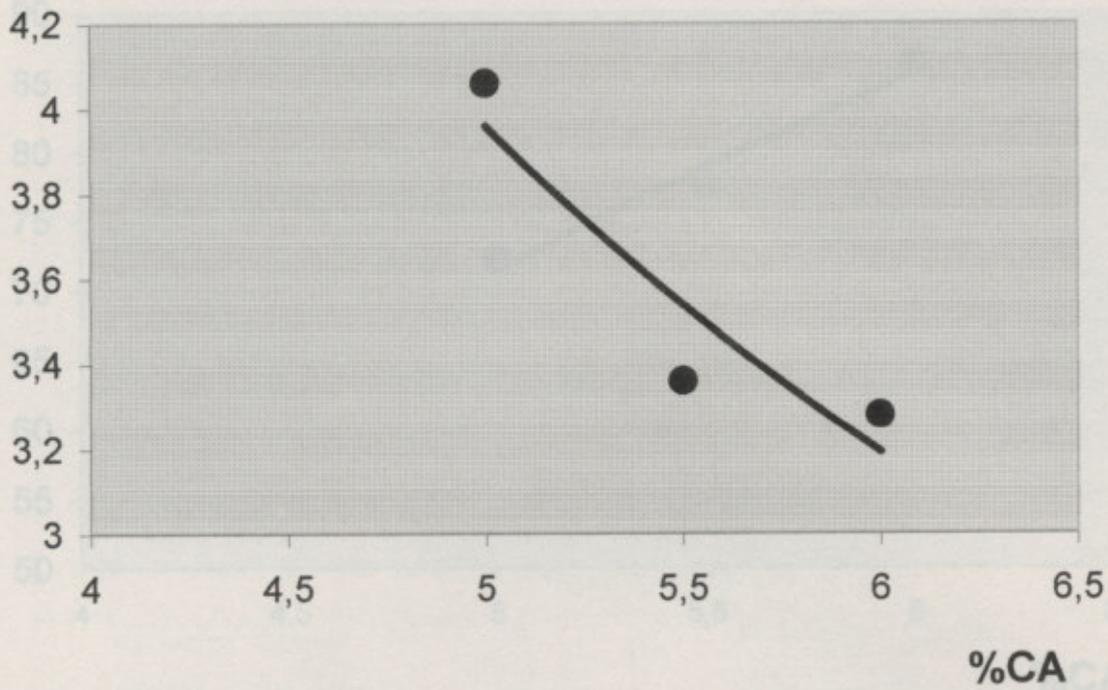
ESTAB./ FLUENCIA



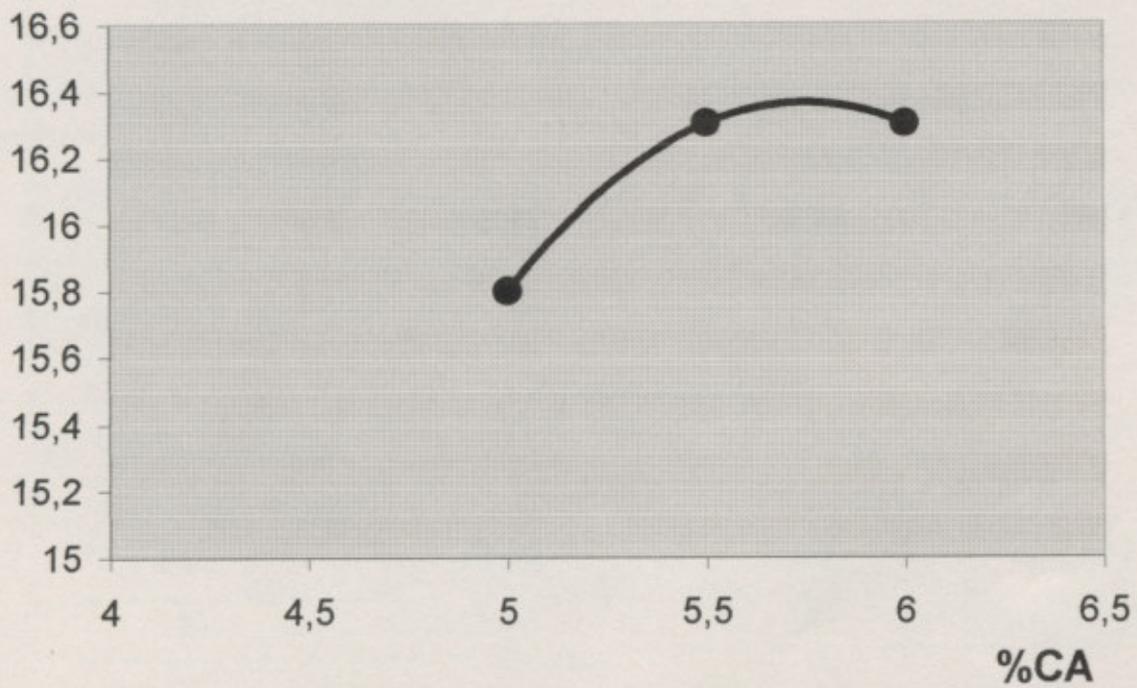
YPF ASF. AM

MARENGO

VACIOS



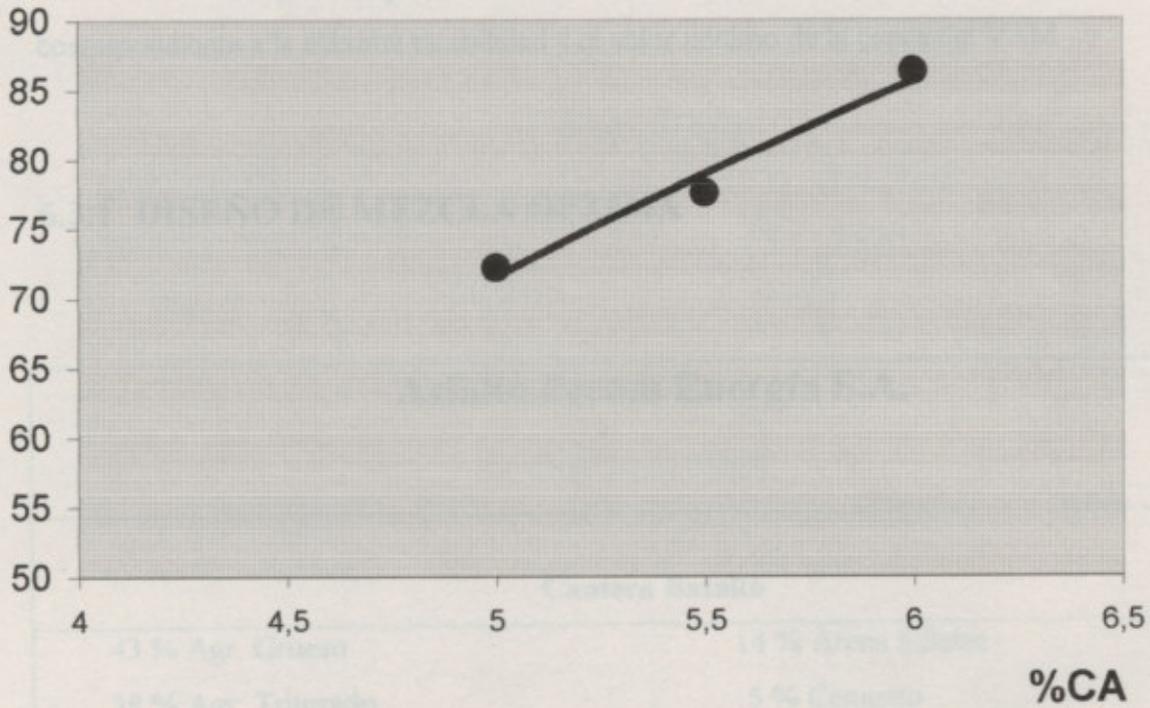
VAM



YPF ASF. AM

MARENGO

RBV



Cantera Castor			
43 % Agr. Grueso		11 % Arena Média	
38 % Agr. Triturado		5 % Cemento	
C.A.	70/100	5000	AM 3
%	5.75	6.00	2.00
Cantera Marengo			
42 % Agr. Grueso		12 % Arena Média	
40 % Agr. Triturado		5 % Cemento	
C.A.	70/100	5000	AM 3
%	5.25	5.75	1.75
Cantera Marengo			
44 % Agr. Grueso		12 % Arena Média	
40 % Agr. Triturado		4 % Cemento	
C.A.	70/100	5000	AM 3
%	5.00	5.25	1.75

6.3 CRITERIOS DE DOSIFICACIÓN

El porcentaje de asfalto será el promedio de los contenidos de asfalto correspondiente a la máxima estabilidad y el valor mínimo de la curva del VAM.

6.3.1 DISEÑO DE MEZCLA OPTIMA

Asfalto Pecom Energía S.A.			
Cantera Basalto			
43 % Agr. Grueso		14 % Arena Silícea	
38 % Agr. Triturado		5 % Cemento	
C.A.	70/100	50/60	AM 3
%	5.75	6.00	5.00
Cantera Cantesur			
42 % Agr. Grueso		13 % Arena Silícea	
40 % Agr. Triturado		5 % Cemento	
C.A.	70/100	50/60	AM 3
%	5.25	5.75	5.00
Cantera Marengo			
44 % Agr. Grueso		12 % Arena Silícea	
40 % Agr. Triturado		4 % Cemento	
C.A.	70/100	50/60	AM 3
%	5.00	5.25	4.75

7. COSTOS BENEFICIOS DE DISTINTOS LIGANTES ASFÁLTICOS DE APLICACIÓN VIAL

GENERALIDADES

Las carreteras son diseñadas y construidas para un tiempo de vida basado en presunciones de tránsito. En la práctica, los constructores diseñan los pavimentos con estructuras cada vez de menor espesor (también para el mantenimiento de las mismas) y estudian soluciones de bajo costo y a corto plazo.

Los ligantes asfálticos de mejor calidad que brindan mejores performances sobre los pavimentos representan un problema y a su vez una solución a los nuevos diseños de carpetas.

Dado que estos ligantes asfálticos son de mayor costo que los convencionales, solamente pueden justificarse por su aplicación en carpetas de rodamientos sobre la base de proveer sustanciales tiempos de vida más largos y en consecuencia costos globales más económicos.

7.1 MERCADO VIAL

7.1.1 ASFALTOS MODIFICADOS – APLICACIÓN EN CONCRETO

ASFÁLTICO

- Reduce la deformación permanente.
- Mayor resistencia a la fatiga.
- Uso de capas más delgadas.
- Mejor resistencia a la post-compactación
- Mejor resistencia a la tracción.
- Mejor resistencia al ahuellamiento
- Aumenta la resistencia al envejecimiento y la estabilidad de la mezcla asfáltica.
- Menor susceptibilidad térmica del asfalto.
- Aumento en la Estabilidad Marshall de la mezcla.
- Mejor adherencia de los agregados pétreos.

7.1.2 PAVIMENTACION EN CALIENTE

7.1.2.1 ASFALTOS MODIFICADOS CON POLIMEROS

Son asfaltos que elevan la vida útil de un pavimento de dos a tres veces con un costo adicional de hasta un 25 % sobre la mezcla asfáltica.

Mejoran las propiedades físicas de los mismos en los siguientes parámetros:

- Ofrecen gran resistencia a la reflexión de fisuras.
- Mejora significativamente la resistencia a la deformación permanente.
- Mejoran la adhesión entre la carpeta de rodamiento y la subbase.
- Proveen superficies durables con alta cohesividad.
- Ofrecen un mejor costo beneficio que los asfaltos convencionales.

Existen de cuatro aplicaciones:

- Pavimentos de Pistas de Aeropuertos donde las exigencias son muy elevadas.
- Concretos Asfálticos tipo “Rolled Asphalt” donde la reflexión de fisuras es muy usual (tránsitos muy intensos, alta carga de tránsito y elevado peso).
- Pavimentos de Drenaje o donde las cargas de tránsito no sean elevadas.
- Diluidos Modificados para ser usado en tratamientos superficiales o riesgos de liga.

Mercado Potencial

Clientes con claro sentido empresarial adjudicatarios o concesionarios con obras de mantenimiento de rutas y cobro de peaje por períodos mayores a diez años.

7.2 COSTOS DE LAS DIFERENTES MEZCLAS ASFÁLTICAS

PECOM BASALTO	Pavimentación:	% mezcla	asf. 70/100		asf. 50/60		modificado		
			\$/ton	% mezcla	\$/ton	% mezcla	\$/ton	% mezcla	
	Ligante	5,50	570,00	31,35	570,00	31,35	5,00	1300,00	65,00
	Piedra	40,64	11,97	4,86	11,97	4,86	40,85	11,97	4,89
	Arena (trituración)	35,90	9,00	3,23	9,00	3,23	36,10	9,00	3,25
	Arena (silicia)	13,23	19,00	2,51	19,00	2,51	13,30	19,00	2,53
	Filler (cemento)	4,73	290,00	13,72	290,00	13,72	4,75	290,00	13,78
	Concreto asfáltico	100		55,68		55,68	100,00		89,44

Incremento del Concreto Asfáltico	0,00	60,64
--	-------------	--------------

costo de elaboración

calentar material, energía, mano de obra, etc.	16,34	16,34	16,58
costo de colocación: (15% costo concreto asfáltico)	10,80	10,80	15,90
costo:	72,02	72,02	106,02

Gastos generales: (16% costo concreto asfáltico)	11,52	11,52	16,96
impuestos: (15% costo concreto asfáltico)	10,80	10,80	15,90
costo total:	105,14	105,14	154,79

Los costos varían en tres ítem:

Aumento del ligante
Costo de producción
Costo de colocación

	asf. 70/100		asf. 50/60		modificado		aumento %
	\$/ton	%	\$/ton	%	\$/ton	%	
Ligante	31,35	29,82	31,35	29,82	65,00	41,99	61,82
Agregados Pétreos	24,33	23,14	24,33	23,14	24,44	15,79	23,25
Costo de Elaboración	16,34	15,54	16,34	15,54	16,58	10,71	15,77
Costo Coloc. en Obra	10,80	10,27	10,80	10,27	15,90	10,27	15,13
Gastos Generales	11,52	10,96	11,52	10,96	16,96	10,96	16,13
Impuestos	10,80	10,27	10,80	10,27	15,90	10,27	15,13
costo total:	105,14	100,00	105,14	100,00	154,79	100	147,22

AUMENTO DEL 47,22%

PECOM CANTESUR		asf. 70/100		asf. 50/60		modificado		
		\$/ton	% mezcla	\$/ton	% mezcla	\$/ton	% mezcla	\$/ton
Pavimentación:	% mezcla	\$/ton	% mezcla	\$/ton	% mezcla	\$/ton	% mezcla	\$/ton
Ligante	5,50	570,00	31,35	570,00	31,35	5,00	1300,00	65,00
Piedra	39,69	12,00	4,76	12,00	4,76	39,90	12,00	4,79
Arena (trituración)	37,80	9,00	3,40	9,00	3,40	38,00	9,00	3,42
Arena (silicia)	12,27	19,00	2,33	19,00	2,33	12,35	19,00	2,35
Filler (cemento)	4,73	290,00	13,72	290,00	13,72	4,75	290,00	13,78
Concreto asfáltico	99,99		55,56		55,56	100,00		89,33

Incremento del Concreto Asfáltico	0,00	60,77
--	-------------	--------------

costo de elaboración

calentar material, energía, mano de obra, etc.	16,34	16,34	16,58
costo de colocación: (15% costo concreto asfáltico)	10,79	10,79	15,89
costo:	71,90	71,90	105,91

Gastos generales: (16% costo concreto asfáltico)	11,50	11,50	16,95
impuestos: (15% costo concreto asfáltico)	10,79	10,79	15,89
costo total:	104,98	104,98	154,63

Los costos varían en tres ítem:

Aumento del ligante
Costo de producción
Costo de colocación

	asf. 70/100		asf. 50/60		modificado		aumento
	\$/ton	%	\$/ton	%	\$/ton	%	
Ligante	31,35	29,86	31,35	29,86	65,00	42,04	61,92
Agregados Pétreos	24,21	23,06	24,21	23,06	24,33	15,73	23,18
Costo de Elaboración	16,34	15,57	16,34	15,57	16,58	10,72	15,79
Costo Coloc. en Obra	10,79	10,27	10,79	10,27	15,89	10,27	15,13
Gastos Generales	11,50	10,96	11,50	10,96	16,95	10,96	16,14
Impuestos	10,79	10,27	10,79	10,27	15,89	10,27	15,13
costo total:	104,98	100,00	104,98	100,00	154,63	100,00	147,29

AUMENTO DE 47,29%

PECOM MARENGO		asf. 70/100		asf. 50/60		modificado		
		\$/ton		\$/ton		% mezcla	\$/ton	
Pavimentación:	% mezcla	\$/ton	mezcla	\$/ton	mezcla		\$/ton	mezcla	$/ton
Ligante	5,50	570,00	31,35	570,00	31,35	5,00	1300,00	65,00
Piedra	41,58	9,50	3,95	9,50	3,95	41,80	9,50	3,97
Arena (trituración)	37,80	5,50	2,08	5,50	2,08	38,00	5,50	2,09
Arena (silicia)	11,34	19,00	2,15	19,00	2,15	11,40	19,00	2,17
Filler (cemento)	3,78	290,00	10,96	290,00	10,96	3,80	290,00	11,02
Concreto asfáltico	100		50,50		50,50	100,00		84,25

Incremento del Concreto Asfáltico	0,00	66,84
--	-------------	--------------

costo de elaboración			
calentar material, energía, mano de obra, etc.	16,34	16,34	16,58
costo de colocación: (15% costo concreto asfáltico)	10,03	10,03	15,12
costo:	66,84	66,84	100,83

Gastos generales: (16% costo concreto asfáltico)	10,69	10,69	16,13
impuestos: (15% costo concreto asfáltico)	10,03	10,03	15,12
costo total:	97,58	97,58	147,21

Los costos varían en tres ítem:

Aumento del ligante
Costo de producción
Costo de colocación

	asf. 70/100		asf. 50/60		modificado		aumento %
	\$/ton	%	\$/ton	%	\$/ton	%	
Ligante	31,35	32,13	31,35	32,13	65,00	44,16	66,61
Agregados Pétreos	19,15	19,62	19,15	19,62	19,25	28,88	19,72
Costo de Elaboración	16,34	16,75	16,34	16,75	16,58	24,65	16,99
Costo Coloc. en Obra	10,03	10,27	10,03	10,27	15,12	15,12	15,50
Gastos Generales	10,69	10,96	10,69	10,96	16,13	16,13	16,53
Impuestos	10,03	10,27	10,03	10,27	15,12	15,12	15,50
costo total:	97,58	100,00	97,58	100,00	147,21	100,00	150,86

AUMENTO DE 50,86%

YPF BASALTO	Pavimentación:	% mezcla	asf. 70/100		asf. 50/60		modificado		
			\$/ton	mezcla	\$/ton	mezcla	\$/ton	mezcla	
Ligante		6	540,00	32,40	540,00	32,40	5,50	1200,00	66,00
Piedra		40,42	11,97	4,84	11,97	4,84	40,64	11,97	4,86
Arena (trituración)		35,72	9,00	3,21	9,00	3,21	35,90	9,00	3,23
Arena (silicia)		13,16	19,00	2,50	19,00	2,50	13,23	19,00	2,51
Filler (cemento)		4,7	290,00	13,63	290,00	13,63	4,73	290,00	13,72
Concreto asfáltico		100,00		56,58		56,58	100,00		90,33

Incremento del Concreto Asfáltico	0,00	59,63
--	-------------	--------------

costo de elaboración

calentar material, energía, mano de obra, etc.	16,34	16,34	16,58
costo de colocación: (15% costo concreto asfáltico)	10,94	10,94	16,04
costo:	72,92	72,92	106,91

Gastos generales: (16% costo concreto asfáltico)	11,67	11,67	17,11
impuestos: (15% costo concreto asfáltico)	10,94	10,94	16,04
costo total:	106,47	106,47	156,08

Los costos varían en tres ítem:

Aumento del ligante
Costo de producción
Costo de colocación

	asf. 70/100		asf. 50/60		modificado		aumento %
	\$/ton	%	\$/ton	%	\$/ton	%	
Ligante	32,40	30,43	32,40	30,43	66,00	42,29	61,99
Agregados Pétreos	24,18	22,71	24,18	22,71	24,33	15,59	22,85
Costo de Elaboración	16,34	15,35	16,34	15,35	16,58	10,62	15,57
Costo Coloc. en Obra	10,94	10,27	10,94	10,27	16,04	10,27	15,06
Gastos Generales	11,67	10,96	11,67	10,96	17,11	10,96	16,07
Impuestos	10,94	10,27	10,94	10,27	16,04	10,27	15,06
costo total:	106,47	100,00	106,47	100,00	156,08	100,00	146,60

AUMENTO DE 46,6%

YPF CANTESUR		asf. 70/100		asf. 50/60		modificado		
		\$/ton mezcla		\$/ton mezcla		% mezcla	\$/ton mezcla	
Pavimentación:	% mezcla	\$/ton		\$/ton				\$/ton
Ligante	5,50	540,00	29,70	540,00	29,70	5,50	1200,00	66,00
Piedra	39,70	12,00	4,76	12,00	4,76	39,69	12,00	4,76
Arena (trituración)	37,80	9,00	3,40	9,00	3,40	37,80	9,00	3,40
Arena (silicia)	12,27	19,00	2,33	19,00	2,33	12,27	19,00	2,33
Filler (cemento)	4,73	290,00	13,72	290,00	13,72	4,73	290,00	13,72
Concreto asfáltico	100		53,91		53,91	99,99		90,21

Incremento del Concreto Asfáltico	0,00	67,33
--	-------------	--------------

costo de elaboración

calentar material, energía, mano de obra, etc.	16,34	16,34	16,58
costo de colocación: (15% costo concreto asfáltico)	10,54	10,54	16,02
costo:	70,25	70,25	106,79

Gastos generales: (16% costo concreto asfáltico)	11,24	11,24	17,09
impuestos: (15% costo concreto asfáltico)	10,54	10,54	16,02
costo total:	102,57	102,57	155,92

Los costos varían en tres ítem:

Aumento del ligante
Costo de producción
Costo de colocación

	asf. 70/100		asf. 50/60		modificado		aumento %
	\$/ton	%	\$/ton	%	\$/ton	%	
Ligante	29,70	28,96	29,70	28,96	66,00	42,33	64,35
Agregados Pétreos	24,21	23,61	24,21	23,61	24,21	15,53	23,61
Costo de Elaboración	16,34	15,93	16,34	15,93	16,58	10,63	16,16
Costo Coloc. en Obra	10,54	10,27	10,54	10,27	16,02	10,27	15,62
Gastos Generales	11,24	10,96	11,24	10,96	17,09	10,96	16,66
Impuestos	10,54	10,27	10,54	10,27	16,02	10,27	15,62
costo total:	102,57	100,00	102,57	100,00	155,92	100,00	152,01

AUMENTO DE 52,01%

YPF MARENGO		asf. 70/100		asf. 50/60		modificado		
		\$/ton		\$/ton		% mezcla	\$/ton	
Pavimentación:	% mezcla	\$/ton	mezcla	\$/ton	mezcla		% mezcla	\$/ton	mezcla
Ligante	5,50	540,00	29,70	540,00	29,70	5,50	1200,00	66,00
Piedra	41,58	9,50	3,95	9,50	3,95	41,58	9,50	3,95
Arena (trituración)	37,80	5,50	2,08	5,50	2,08	37,80	5,50	2,08
Arena (silicia)	11,34	19,00	2,15	19,00	2,15	11,34	19,00	2,15
Filler (cemento)	3,78	290,00	10,96	290,00	10,96	3,78	290,00	10,96
Concreto asfáltico	100		48,85		48,85	100,00		85,15

Incremento del Concreto Asfáltico	0,00	74,32
--	-------------	--------------

costo de elaboración			
calentar material, energía, mano de obra, etc.	16,34	16,34	16,58
costo de colocación: (15% costo concreto asfáltico)	9,78	9,78	15,26
costo:	65,19	65,19	101,73

Gastos generales: (16% costo concreto asfáltico)	10,43	10,43	16,28
impuestos: (15% costo concreto asfáltico)	9,78	9,78	15,26
costo total:	95,17	95,17	148,52

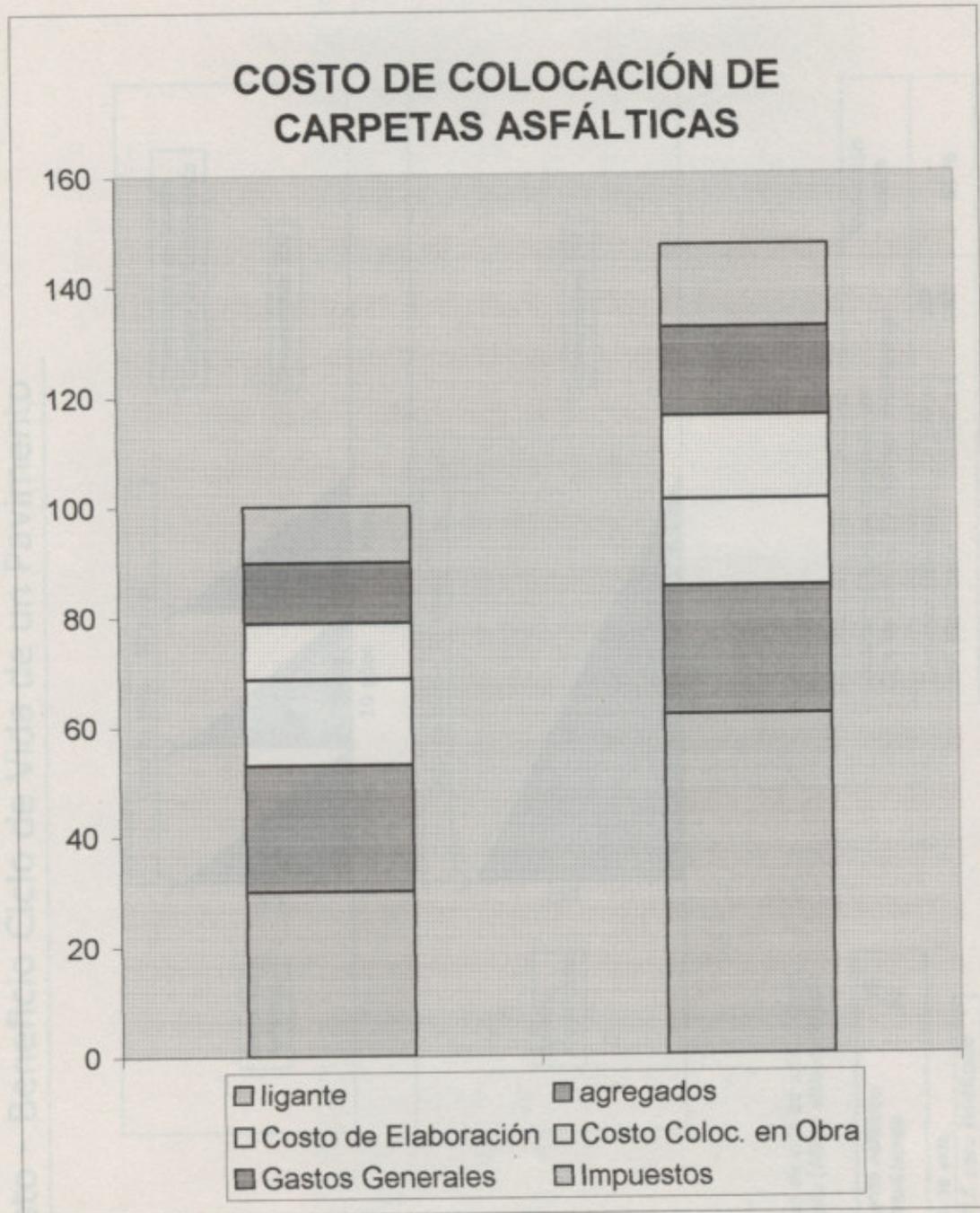
Los costos varían en tres ítem:

Aumento del ligante
Costo de producción
Costo de colocación

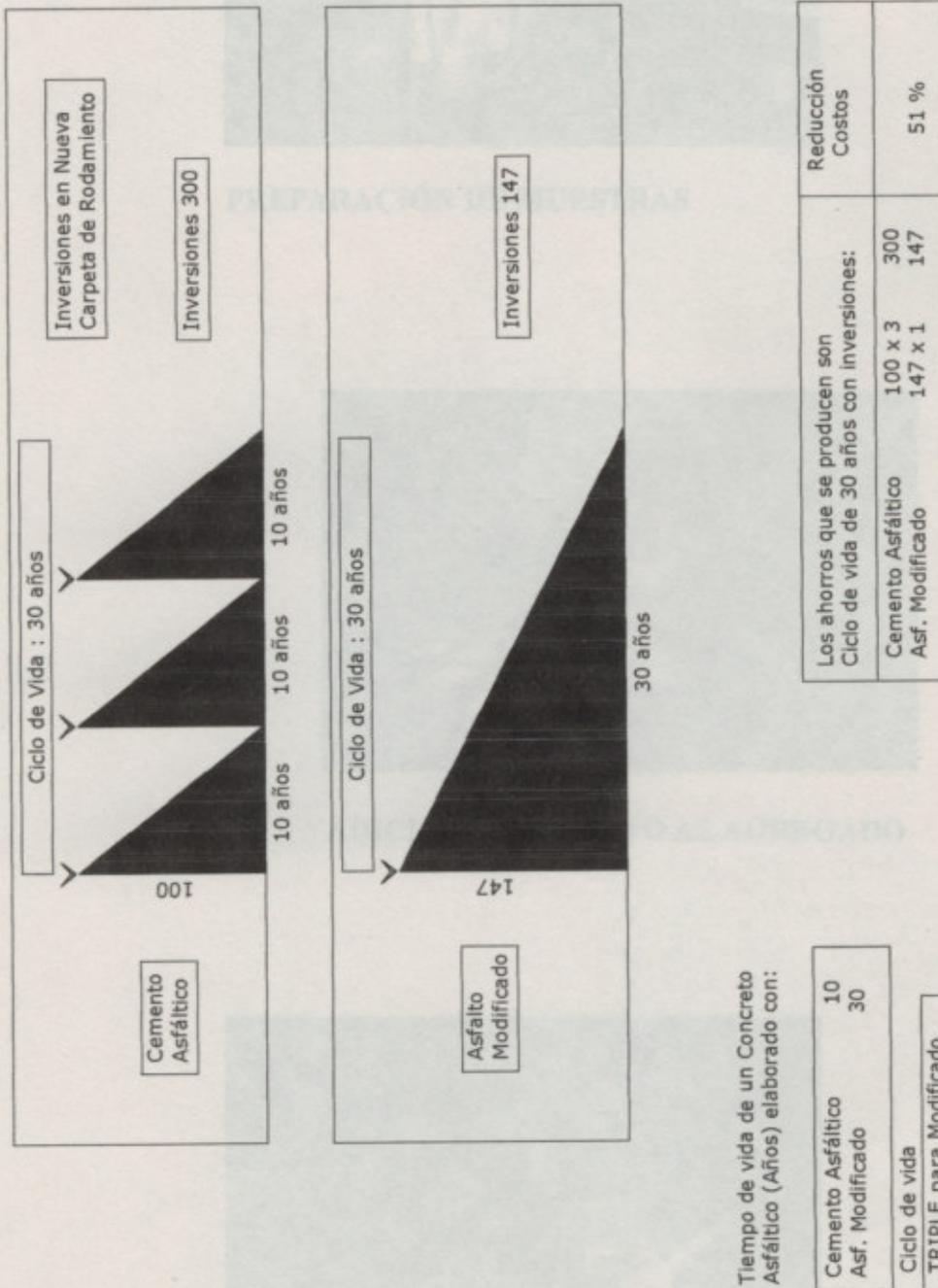
	asf. 70/100		asf. 50/60		modificado		aumento %
	\$/ton	%	\$/ton	%	\$/ton	%	
Ligante	29,70	31,21	29,70	31,21	66,00	44,44	69,35
Agregados Pétreos	19,15	20,12	19,15	20,12	19,15	12,89	20,12
Costo de Elaboración	16,34	17,17	16,34	17,17	16,58	11,16	17,42
Costo Coloc. en Obra	9,78	10,27	9,78	10,27	15,26	10,27	16,03
Gastos Generales	10,43	10,96	10,43	10,96	16,28	10,96	17,10
Impuestos	9,78	10,27	9,78	10,27	15,26	10,27	16,03
costo total:	95,17	100,00	95,17	100,00	148,52	100,00	156,06

AUMENTO DE 56,06%

7.3 ANALISIS DE COSTO BENEFICIO



Costo - Beneficio Ciclo de Vida de un Pavimento





PREPARACIÓN DE MUESTRAS

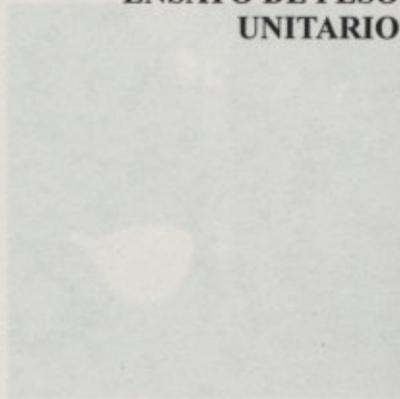


ADICIÓN DE ASFALTO AL AGREGADO

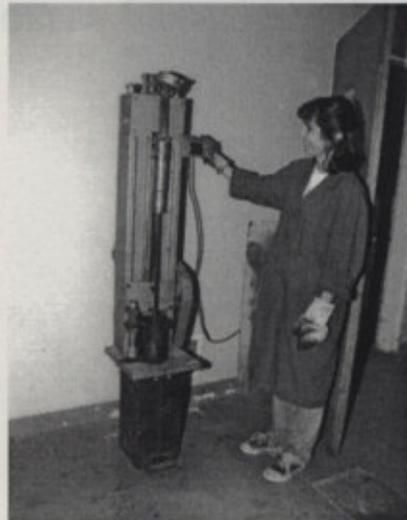


**LLENADO
DE MOLDE**

**ENSAYO DE PESO
UNITARIO**



**MAQUINA DE
DESGASTE
LOS ANGELES**



**COMPACTACIÓN
MARSHALL**



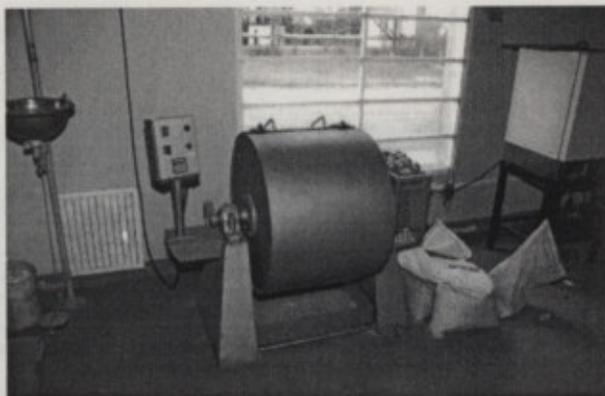
**ESTABILIDAD
Y FLUENCIA
MARSHALL**



**ELEMENTOS
DE ENSAYO
AGREGADO
FINO**

BAÑO DE AGUA
A 60° MARSHALL

**MAQUINA DE
DESGASTE
LOS ANGELES**



ESTABILIDAD
MARSHALL



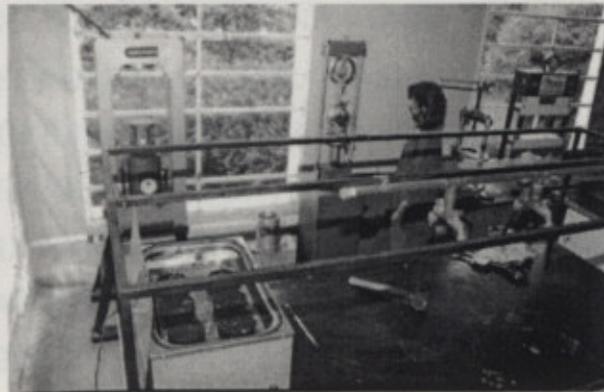
**ENSAYO DE
EQUIVALENTE
DE ARENA**

LABORATORIO
DE MEZCLAS
ASFÁLTICAS

BIBLIOGRAFÍA



BAÑO DE AGUA
A 60° MARSHALL



ESTABILIDAD
MARSHALL



LABORATORIO
DE MEZCLAS
ASFÁLTICAS

BIBLIOGRAFÍA

- **INSTRUCCIONES GENERALES PARA ESTUDIO Y PROYECTO DE CAMINOS - DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD.**
- **PLIEGO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES - EDICIÓN 1994 DIRECCION NACIONAL DE VIALIDAD.**
- **NORMAS DE ENSAYO - EDICIÓN ACTUALIZADA 1996 DIRECCION NACIONAL DE VIALIDAD.**
- **COMISION PERMANENTE DEL ASFALTO - 1985 A 1996.**
- **PAVIMENTOS 1 - CURSO DE PERFECCIONAMIENTO VIAL ING. JULIO JORGE PEÑA - UNSJ.**
- **PAVIMENTOS 2 - CURSO DE PERFECCIONAMIENTO VIAL ING. JULIO JORGE PEÑA - UNSJ.**
- **TECNOLOGÍA DEL ASFALTO Y PRACTICAS DE CONSTRUCCIÓN - GUIA PARA INSTRUCTORES - BS AS REPUBLICA ARGENTINA 1985.**
- **CONSTRUCCIÓN - PRINCIPIOS DE CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE - SERIE DE MANUALES N° 22 (MS-22) ASPHALT INSTITUTE.**
- **MATERIALES BITUMINOSOS EN CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS - ROAD RESEARCH LABORATORY DSIR.**
- **DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO ASFALTICO DENSAMENTE GRADUADAS POR NORMAN W MC LEOD - CONSULTAR EN ASFALTOS - ESSO 1964.**
- **ASFALTOS MODIFICADOS CON POLIMEROS PARA USO VIAL - ESQUEMA A3 DE LA NORMA IRAM - OCTUBRE 1999.**
- **PAGINA WEB. PECOM ENERGIA SA.**
- **PAGINA WEB. REPSOL YPF SA.**

UTN FRVT



N°Reg: 1825 N°PAT: 0