



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA  
PLATA**  
**Facultad de Ingeniería**



---

Maestría en Ingeniería Vial

**ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE MEZCLAS BITUMINOSAS DENSAS  
EN FRÍO EMPLEANDO ÁRIDOS BONAERENSES Y EMULSIONES  
ASFÁLTICAS CONVENCIONALES Y MODIFICADAS**

**Autor: Ing. Jorge Luis Ripani**

**Director: Dr. Ing. Rodolfo Adrián Nosetti**

La Plata, Agosto de 2.017

*Esta Tesis se la dedico a mis queridos viejos, por todo el amor que me prodigaron y el gran esfuerzo que hicieron para que pudiese cursar estudios universitarios; a mis hermanas quienes a pesar de la distancia física que nos separa, siempre estuvieron muy cerca dándome su aliento para llegar a esta trascendental meta.*

## Agradecimientos

Pensé que iba a resultar más sencillo redactar esta página, pero son tantos los recuerdos y anécdotas que vienen a mi mente, los sentimientos que se entrecruzan y las personas a las cuales siempre estaré agradecido, que no quisiera olvidarme de ninguna de ellas, de ser así espero sepan disculparme.

En primer lugar deseo agradecer al ex Administrador General de la D.V.B.A. Ing. Miguel Rego, un visionario, artífice del Convenio con la Facultad de Ingeniería de la U.N.L.P., esto posibilitó que una veintena de profesionales de la Repartición tuviésemos la oportunidad de cursar una Maestría en Ingeniería Vial.

A los Ingenieros Ricardo Villa, Oscar Bronzina, Ricardo Curetti y Patricia Tombesi; todos ellos creyeron en mí y me brindaron su incondicional respaldo, confianza y afecto para que pueda desarrollarme humana y profesionalmente en el ámbito de la gestión pública.

A las actuales autoridades de la D.V.B.A. por permitirme retomar y culminar la presente investigación.

A los Ings. Sebastián Covacich, Ángel Christensen, Patricia Pettirossi, Hugo Bianchetto, Lisandro Daguerre, al Ing. Alberto Reano de IARSA, al Lic. Carlos del Pozo de PROBIAR S.A., al Téc. y amigo Carlos Serralta, de una u otra manera cada uno me brindó su ayuda desinteresada y conocimientos en pos de continuar con el desarrollo de esta Tesis.

A los Ings. Gustavo Carozzi y Gabriel Rodríguez, dos hermanos que me regaló la vida, ambos con su permanente aliento y sus sabios consejos resultaron de vital importancia para no bajar los brazos y lograr este objetivo.

A mi primer Director Ing. Jorge Marcelo Lockhart, fallecido en el transcurso del año pasado, un gran hombre, simple, bondadoso y siempre predispuesto a oír y responder mis inquietudes, transmitiéndome con claridad sus conocimientos.

Deje para el final a mi ex Codirector y actual Director Dr. Ing. Rodolfo Adrián Nosetti, un excelente ser humano, un estimado amigo, sin su guía y acompañamiento, su sapiencia y generosidad, su perseverancia y dedicación, esta experiencia no hubiese sido imaginable.

## **Abstract**

The current Master's Degree Thesis analyzes the behaviour of densely graded asphalt cold mixtures, made with stony aggregates from Buenos Aires Province, Argentina, and conventional and modified emulsions from national production, in order to develop a design methodology for such mixtures through Indirect Tensile Test.

At a first stage, a detailed description of the asphalt emulsions and a compendium of the most used cold mix designing methods are achieved, mostly detailing the Asphalt Institute and the University of Illinois methods for being considered the most widespread.

Once the materials were characterized, the mix dosage was made. In assessing its cohesion by Immersion-Compression test, it was determined that, in spite of the highly satisfactory values of the conserved simple resistance, this test did not mostly allow to discern the behaviour of the different binders, mainly due to the high compaction loads which are used.

The harmful effects of water and temperature were evaluated by means of Indirect Tensile test. In both cases it was found a better behaviour of the mix made with modified emulsion.

These mixtures were also studied by the Stiffness trial with the Indirect Tensile test on cylinders at different temperatures and load frequencies, allowing them to be evaluated and compared with a hot mix made with conventional binder.

By means of the Wheel Tracking test, the response of the mixtures regarding the plastic deformations was observed, concluding that the mix made with modified emulsion presented a better response when undergoing high temperatures.

The results of the studies mentioned above allowed it possible to formulate a design proposal for densely graded cold mixtures, setting standards of quality and, thus, acceptance of the mixtures through the Mechanical Resistance obtained with the Indirect Tensile test, as well as the minimum threshold of retained strength.

Another aspect studied was the technical and economic one. For this purpose, the costs of cold mixtures with different elaboration and placement methods were evaluated, and they were compared with the costs of a conventional asphalt hot mix, concluding that cold mixtures are feasible for urban paving works and for conservation works (repaving and batching) on roads of the provincial secondary road network with low traffic flow.

## Resumen

La presente tesis de maestría analiza el comportamiento de mezclas asfálticas en frío densamente graduadas elaboradas con agregados pétreos de la Provincia de Buenos Aires y emulsiones convencionales y modificadas de producción nacional con la finalidad de desarrollar una metodología de diseño para este tipo de mezclas a través del ensayo de Tracción Indirecta.

En una primera instancia se efectúa una descripción pormenorizada de las emulsiones asfálticas y un compendio de los métodos más utilizados para el diseño de las mezclas en frío. Detallándose con mayor profundidad los métodos del Asphalt Institute y el de la Universidad de Illinois por considerarse los más difundidos.

Una vez caracterizados los materiales se realizó la dosificación de la mezcla. Al valorar su cohesión mediante el ensayo de Inmersión-Compresión pudo determinarse que si bien la resistencia a compresión simple conservada presenta valores altamente satisfactorios, este ensayo no permitió discernir en gran medida el comportamiento de los distintos ligantes, debido fundamentalmente a las altas cargas de compactación que se utilizan.

Los efectos nocivos del agua y la temperatura se ponderaron con el ensayo de Tracción Indirecta. En ambos casos pudo comprobarse un mejor comportamiento de la mezcla elaborada con emulsión modificada.

También se estudiaron estas mezclas con el ensayo de Módulo de Rigidez mediante el Ensayo de Tracción Indirecta sobre probetas cilíndricas a distintas temperaturas y frecuencias de carga. Esto permitió evaluarlas y cotejarlas con una mezcla en caliente elaborada con ligante convencional.

Con el ensayo Wheel Tracking Test se apreció la respuesta de las mezclas frente a las deformaciones plásticas, concluyéndose que la mezcla elaborada con emulsión modificada presentó una mejor respuesta cuando se somete a éstas a altas temperaturas.

Los resultados de los estudios citados precedentemente posibilitaron formular una propuesta de diseño para mezclas en frío densamente graduadas, fijando criterios de calidad y por ende de aceptación de las mezclas a través de la Resistencia Mecánica obtenida con el ensayo de Tracción Indirecta, como así también el umbral mínimo de Resistencia Conservada.

Otro aspecto estudiado fue el técnico-económico. A tal fin se evaluó el costo de las mezclas en frío según distintas metodologías de elaboración y colocación y se la comparó con los costos de una mezcla asfáltica en caliente convencional.

Concluyéndose que las mezclas en frío son viables para obras de pavimentación urbana y para obras de pavimentación y tareas de conservación (repavimentaciones y bacheos) en rutas de la red vial secundaria provincial con bajo volúmenes de tránsito.



**ÍNDICE**

<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....</b>	<b>11</b>
1.1. PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PROBLEMA .....	11
1.2. OBJETIVOS DE LA TESIS.....	21
1.3. ESTRUCTURA Y CONTENIDO DE LA TESIS .....	21
1.4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	23
<b>CAPÍTULO 2. MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO.....</b>	<b>25</b>
2.1. INTRODUCCIÓN .....	25
2.2. EMULSIONES ASFÁLTICAS .....	27
2.2.1. Generalidades.....	27
2.2.2. Componentes de una emulsión .....	31
2.2.3. Clasificación de las emulsiones .....	34
2.2.4. Emulsiones modificadas .....	35
2.2.4.1. Emulsión de reología modificada .....	36
2.2.4.2. Emulsión de betún-caucho .....	36
2.2.5. Fabricación de una emulsión .....	37
2.2.6. Proceso de rotura de la emulsión .....	40
2.2.7. Proceso de maduración de una mezcla en frío con emulsión.....	47
2.2.8. Aplicaciones de la emulsión en la ejecución de pavimentos.....	47
2.3. MÉTODOS DE DISEÑO DE LAS MEZCLAS EN FRÍO.....	49
2.3.1. Generalidades.....	49
2.3.2. Compendio de los métodos de diseño de mayor difusión.....	52
2.3.3. Estudios realizados para optimizar los métodos de diseño más utilizados.....	60
2.3.4. Consideraciones finales.....	72
2.4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	73
<b>CAPÍTULO 3. APROXIMACIÓN A UNA METODOLOGÍA DE DISEÑO .....</b>	<b>77</b>
3.1. ESTUDIOS EN LABORATORIO .....	77
3.1.1. Caracterización de los materiales utilizados .....	78
3.1.2. Dosificación de la mezcla .....	83
3.1.3. Porcentaje de agua de preenvuelta y fluidos de compactación .....	84

3.1.4. Preparación, compactación y curado de las probetas .....	87
3.1.5. Valoración de la cohesión. Ensayo de Inmersión - Compresión .....	94
3.1.6. Resistencia a Tracción. Ensayo de Tracción Indirecta.....	99
3.1.6.1. Valoración del efecto del agua.....	100
3.1.6.2. Valoración del efecto de la temperatura .....	104
3.1.7. Módulo de Rigidez.....	107
3.1.8. Deformaciones plásticas .Wheel Tracking Test (WTT) .....	128
3.1.9. Propuesta metodológica para el diseño de la mezcla asfáltica.....	136
3.2. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	139

## **CAPITULO 4. COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SECCIONES**

### **ESTRUCTURALES .....141**

4.1. Introducción .....	141
4.2. Tensiones y deformaciones de las estructuras analizadas para calcular la vida de las estructuras .....	141
4.3. Determinación del Factor de Equivalencia.....	146

## **CAPÍTULO 5. ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO COMPARATIVO .....149**

5.1. Análisis comparativo de costos de mezclas densas en caliente y densas en frío .....	149
--	-----

## **CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS .....161**

6.1. Resumen de conclusiones.....	161
6.2. Trabajos futuros.....	165

<b>ANEXO A:</b> Cálculo de la concentración volumétrica y resultados de ensayos de Laboratorio.....	167
---	-----

<b>ANEXO B:</b> Cálculos con el programa ECOROUTE .....	205
---	-----

<b>ANEXO C:</b> Análisis comparativo de costos de las mezclas según distintas metodologías de elaboración.....	225
--	-----

<b>ANEXO D:</b> Tabla de Unidades .....	263
---	-----



## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

### 1.1. PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PROBLEMA

La red vial argentina es administrada en forma conjunta por el Estado Nacional, las Provincias y los Municipios. La red vial que sirve a la Provincia de Buenos Aires se clasifica según se describe en la Tabla 1.1:

Jurisdicción	Clasificación	Pavimentada (km)	No pavimentada (km)	Total (km)
Nacional	Nacional	4.700	-----	4.700
Provincial	Primaria	8.201	4.222	12.423
Provincial	Secundaria	2.456	21.753	24.209
Municipal	Terciaria	-----	81.350	81.350
<b>Total</b>		<b>15.357</b>	<b>107.325</b>	<b>122.682</b>

Tabla 1.1 - Clasificación de la red vial en la provincia de Buenos Aires.  
Fuente: D.V.B.A.

Como puede observarse, en la Provincia de Buenos Aires, la red de jurisdicción nacional y la red de jurisdicción provincial son muy relevantes, siendo la extensión de la red vial pavimentada de jurisdicción provincial más del doble de la red vial de jurisdicción nacional, si consideramos la red vial primaria y secundaria conjuntamente. Cabe señalar que:

- La red nacional, que integra las principales ciudades del país y los accesos a la ciudad de Buenos, capital de la República, en el territorio de la Provincia de Buenos Aires está compuesta por 4.700 km pavimentados, cuyo mantenimiento es realizado por la Dirección Nacional de Vialidad (D.N.V.).
- Los accesos a la Ciudad de Buenos Aires se encuentran concesionados y el contralor de dichas concesiones, como así también de algunos tramos

de la red vial, es ejercido por el OCCOVI (Ente de Control de Concesiones Viales).

- La red vial de jurisdicción provincial tiene una extensión de 36.632 Km, de los cuales 10.657 km se encuentran pavimentados. De éstos últimos aproximadamente un 95 % son pavimentos de tipo flexible y los restantes son de hormigón.
- En la provincia la red vial de jurisdicción municipal está integrada por caminos no pavimentados que representan aproximadamente el 75% de la red vial de estas características.

Los municipios son responsables de la conservación de la red vial municipal. Asimismo cabe señalar que la conservación vial de la red provincial no pavimentada, es realizada a través de las municipalidades en el marco de un régimen de coparticipación vial para el mantenimiento de los caminos rurales.

La red vial primaria provincial está constituida básicamente por aquellos caminos que canalizan los mayores flujos de tránsito vehicular, sea de bienes o personas.

Esta red facilita el acceso a la red troncal nacional complementándola, posibilita vincular en forma rápida ciudades importantes dentro del territorio provincial como así también de provincias limítrofes; resulta vital para el transporte y desarrollo de la producción y el turismo. Se trata en general de caminos pavimentados con determinada jerarquía y por lo tanto motivo de preocupación permanente para las autoridades viales.

La Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires (D.V.B.A.), a partir del año 2.002, ha fortalecido su función de planificación, sistematizando el uso de los instrumentos de gestión que hacen a la identificación de problemas, la propuesta de soluciones alternativas para atenderlos, la programación de la ejecución de proyectos y obras en el corto y el mediano plazo, y en los procedimientos implicados en la gestión económica de proyectos (precios, costeo, recursos, financiamiento, programación de la inversión, evaluación económica, ejecución del gasto, evaluación ex post).

En ese marco en el año 2.003 elaboró y presentó el Plan Estratégico Vial de la

Provincia de Buenos Aires, que ha guiado la priorización de las inversiones realizadas desde dicho año.

En el citado Plan fueron tomadas en consideración las siguientes variables:

- 1) Tránsito y su composición (TMDA, automóvil, camión liviano, camión pesado y ómnibus) pues permiten mediante la asociación de éstas evaluar el deterioro por uso de los caminos y los costos de operación de los vehículos y el tiempo de viaje insumido por los usuarios.
- 2) Estado del camino: rugosidad (IRI), fisuras, bacheo, deflexión y ahuellamiento.
- 3) Regionalización provincial, definida en dos grandes núcleos, a saber:

- Hacia el interior de la R.P. N° 6 y el eje fluvial: **Área Metropolitana**, que alcanza el tendido vial que sirve a los municipios que rodean a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y que constituyen sus accesos, como así también la interconexión entre las localidades que componen el conurbano bonaerense.

Se caracteriza por una estructuración en sentido radial desde la Ciudad Autónoma de Buenos Aires que se abre en abanico hacia la R.P.N° 6 a través de las autopistas Norte, Oeste, Ricchieri-Ezeiza-Cañuelas (todas éstas de jurisdicción nacional), y Buenos Aires-La Plata (aunque también es de jurisdicción nacional, actualmente es operada por Autopistas de Buenos Aires S.A. -AUBASA-, empresa pública creada por el gobierno provincial mediante Decreto N° 409/13). La vertebración se completa en sentido perimetral por las autopistas General Paz (nacional), del Buen Ayre (continuación de la autopista Presidente Perón actualmente en construcción), la R.P.N° 4 y el cierre último que en sentido anular produce la autovía R.P.N° 6.

La problemática básica del área está definida por la discontinuidad en la red, sectores no servidos, deficiencias de acceso a sectores portuarios, déficit de alternativas de recorrido para el transporte y deterioro de la capacidad y estado de las calzadas. El resultado es el congestionamiento que afecta el costo operativo de los usuarios y el incremento de las tasas de accidentes.

- Por afuera del anillo constituido por la R.P.Nº 6 y el eje fluvial y hacia el resto de la Provincia (excluidas las rutas concesionadas): **Área Interior Provincial no concesionada**, constituida por la red interurbana provincial que se integra a la red vial nacional y que conecta las localidades de la provincia entre sí, con otras provincias y con los accesos portuarios y otros nodos de transporte.

Esta área caracteriza al resto de la Provincia de Buenos Aires por fuera de la R.P.Nº 6 hacia el sur y al oeste. Se excluyen de esta caracterización las rutas concesionadas y se privilegia la identificación de soluciones que atiendan las necesidades de comunicación y transporte de los corredores productivos y turísticos <sup>[1]</sup>.

La ejecución de la autovía de la R.P.Nº 6 integra ambas regiones definidas. Atraviesa como anillo circundante 12 distritos de la provincia, lo que hace de esta obra vial una de las principales del país y la más importante entre las encaradas por el Gobierno de la Provincia de Buenos Aires en los últimos años. Próximamente será operada por AUBASA mediante el sistema de peajes.

La ubicación estratégica de esta autovía (vincula el complejo portuario Zárate-Campana con el puerto de La Plata), favorece la integración directa con las regiones productivas, el emplazamiento y desarrollo de parques industriales, un mejor acceso a los principales centros ferroviarios de carga, un fuerte acercamiento al sistema de autopistas de la región metropolitana, una mayor vinculación con el circuito turístico marítimo a través de la autovía de la R.P. Nº 2 y una fuerte descongestión del tránsito para una de las regiones más pobladas del país, como lo es el área del conurbano.

La consideración de la red vial provincial así descripta permite equilibrar y valorizar necesidades, proyectos y recursos que atiendan al conjunto del territorio provincial.

La antigüedad promedio de la red pavimentada supera los 25 años. En general puede aseverarse que se encuentran aproximadamente en buen estado un 22%, regular un 48%, en mal estado un 20%, mientras que el restante 10% de la red se encuentra concesionado.

En el año 2.015 la D.V.B.A. invirtió importantes recursos para llevar a cabo trabajos de conservación en su red vial pavimentada. Dichas tareas consistieron esencialmente en repavimentaciones parciales, bacheos profundos y/o superficiales que demandaron la colocación de 60.000 toneladas de concreto asfáltico en caliente y unas 9.000 toneladas de concreto asfáltico en frío, estos últimos ejecutados por Administración. Asimismo se contrataron obras de repavimentación, demarcación horizontal y señalización vertical.

La red vial secundaria está integrada por aquellas vías de menor tránsito que sirven de alimentación a los caminos integrantes de la red primaria y a su vez, son en general colectores de los caminos terciarios (evidencian menor tránsito aún y la jurisdicción pertenece a los municipios de la provincia). La red terciaria se constituye en el acceso directo a los predios rurales, actuando en la práctica como vasos capilares de la red vial provincial.

Los caminos de la red vial secundaria provincial son en su mayoría de tierra y conservarlos es fundamental, ya que sin ellos es imposible acceder a la red vial primaria pavimentada. Frecuentemente su estado es en general alterado por las contingencias climáticas y el tráfico de vehículos de gran porte que acercan la producción agropecuaria a los centros de acopio y/o comercialización, debiéndose realizar obras de reconstrucción o mejoramiento en dichos caminos para poder mantener las condiciones de transitabilidad.

La red existente, por sus condiciones operativas, dista mucho de brindar de manera eficiente el servicio que de ella esperan las comunidades rurales.

Algunos factores han influido significativamente para llegar al estado actual. Entre otros podemos mencionar las condiciones climáticas excepcionales registradas en los últimos años, el aumento de las producciones agropecuarias tanto intensivas como extensivas con el consecuente incremento de tránsito necesario para sacar esas producciones y cualitativamente el aumento de capacidad de carga del tránsito pesado y la insuficiencia de una política vial sustentable en esta materia.

Por lo expuesto urge intervenir en la red vial secundaria ya no solo con trabajos de conservación, sino también ir avanzando, en la medida que el marco presupuestario lo permita, en la concreción de obras de drenaje, repavimentación y/o pavimentación.

Lograr una red de caminos armónica e integrada busca entre otros objetivos mejorar las condiciones de competitividad comercial, a través de un menor costo del transporte, factor fundamental para acrecentar la actividad económica de la provincia. Para ello es indispensable consensuar ambas redes, previéndose zonas de transferencia de cargas, de modo que sirvan al interés general. A tal efecto resulta de vital importancia coordinar el accionar de los organismos oficiales y no gubernamentales que estén directamente relacionados con la temática expuesta.

La elección de la técnica y materiales a emplear en una obra vial, generalmente está supeditada, entre otras, a una serie de condiciones entre las cuales se pueden citar: aspectos económicos, ubicación y magnitud de la obra, condiciones ambientales y de seguridad, disponibilidad de equipos, existencia y aprovechamiento de materiales locales.

La necesidad de una mejor utilización de los recursos energéticos, unido a la creciente preocupación por preservar el medio ambiente, ha llevado en las últimas décadas, al empleo de manera progresiva de mezclas asfálticas en frío mediante la utilización de emulsiones en las construcciones viales.

La posibilidad de aplicación que brinda la técnica de las mezclas asfálticas en frío con emulsión es muy amplia, pudiendo utilizarse para la renovación de las características superficiales de una carretera de alto flujo vehicular, en la construcción de un camino de baja intensidad de tránsito y en pavimentación urbana entre otras.

Además de su versatilidad, el interés en la técnica de mezclas asfálticas en frío se centra en las siguientes ventajas:

- Ahorro de energía

Estas mezclas son extendidas a temperatura ambiente y no es necesario secar y calentar los áridos. Es considerablemente menor la energía usada para producirlas respecto a las mezclas calientes. Hay ahorros considerando la temperatura del material y la energía necesaria para evaporar el agua de los áridos, donde el parámetro es la capacidad específica de calor necesaria para producir la evaporación de la misma.

- Menor contaminación ambiental

Al no tener que calentarse los materiales para su fabricación como sucede en la producción de una planta asfáltica de mezcla en caliente, se evita generar vapores del ligante bituminoso, la emisión de polvo de los agregados pétreos a la atmósfera y la existencia de gases generados por la llama del tambor secador.

- Plantas de elaboración de menor complejidad

Las plantas elaboradoras de las mezclas en frío son menos complejas que las usinas en caliente, pues no requieren de los siguientes componentes: tambor secador, filtros recuperadores de finos y sistema de calentamiento de la cisterna de ligante. Por lo expuesto precedentemente es económicamente viable trasladarlas, inclusive para aquellos casos de bajos volúmenes de producción.

- Flexibilidad

Muchas mezclas con emulsiones son flexibles, lo cual implica que se comporten bien sobre subcapas con alta deflexión y tengan buena resistencia a la fatiga. Esta es una diferencia sustancial con las capas cementadas. Algunos autores concluyen que materiales de subbase tratados con emulsión poseen una vida útil mayor que aquellos que utilizarían otras alternativas como ser suelo cemento o material granular <sup>[2]</sup>.

- Menor envejecimiento del ligante.

Como el proceso de fabricación de las mezclas asfálticas con emulsión se realiza a temperatura ambiente, luego de que el ligante recubra al árido, el betún no se endurece o envejece prematuramente como en el caso de las mezclas asfálticas en caliente, donde en la usina de fabricación se produce un choque térmico entre el agregado pétreo y el ligante bituminoso en una película delgada con altas concentraciones de oxígeno, produciéndose una rigidización ya sea por oxidación o por evaporación de las fracciones livianas.

- Equipos de producción de mezcla in situ más simples

También los equipos de producción de mezcla in situ son muchos más versátiles y de menor porte que los equipos de termo-regeneración. La técnica que utiliza equipos autopropulsados es la que en la actualidad tiene una mayor difusión, pues presentan una gran versatilidad y facilidad de transporte, lo que los hace muy valiosos para actuaciones en pequeñas obras o en vías de baja intensidad de tránsito.

Sin embargo también se conocen los inconvenientes que pueden presentar las mezclas en frío, relacionados con el diseño, el curado y compactación:

- Diseño

En el diseño de mezclas en frío se estudian los materiales, ya sean estos vírgenes o reciclados, y se elaboran emulsiones *ad hoc* para lograr afinidad química y adecuada adherencia, entre otros factores.

En referencia a la dosificación existe una variedad de métodos según el país; por el contrario para las mezclas en caliente, hasta la aparición del método SHRP, existió casi uniformidad de criterio por el uso del método Marshall, lo que permitió tener un lenguaje en común en la mayoría de los países. Con las mezclas en frío esto no sucede.

La revisión de los antecedentes nacionales y extranjeros, refleja una gran diversidad de métodos de dosificación y ensayo, consecuencia de la complejidad y el elevado número de variables que intervienen, lo que impide el desarrollo de un método simple que involucre a todas ellas <sup>[3]</sup>. Por ejemplo, para material reciclado la Orden Circular 08/2001 correspondiente al PG4 Español <sup>[4]</sup> propone utilizar el ensayo de inmersión-compresión Norma NLT-162, con dicho método se obtienen densidades aparentes que son superiores a las obtenidas en obra.

La resistencia de la mezcla y sobre todo su resistencia conservada, deberán ser evaluadas para la densidad que va ser obtenida en la obra y no para unas condiciones más altas de compactación que desvirtúan el comportamiento y la respuesta de la mezcla.



- Período de curado

Tras su colocación en obra, la mezcla se va endureciendo por la pérdida de agua proveniente de la rotura de la emulsión y del agua añadida para su envuelta y mejor compactación. Este período llamado de "maduración" y las condiciones finales de la mezcla, varían según las condiciones de puesta en obra y de la climatología de la zona.

- Dificultad de compactación

En las mezclas asfálticas en caliente, a través del Nomograma de Heukelom podemos determinar las temperaturas óptimas de mezclado y compactación, y con el equipamiento adecuado obtener valores apropiados de densidad y estabilidad en forma más o menos inmediata; mientras que en las mezclas elaboradas en frío el proceso es diferente ya que -como se mencionó en el párrafo precedente- hay que esperar hasta que se evapore una determinada cantidad de agua producto de la rotura de la emulsión para dar inicio a las tareas de compactación, proceso que continua en forma progresiva durante un período bajo los efectos de las cargas transmitidas por el tránsito, al propio tiempo que se van desarrollando las propiedades cohesivas del ligante.

El estudio de las mezclas densas en frío como el de cualquier otro tipo de material que implique aporte estructural, debe estar orientado de modo tal que permita satisfacer tres objetivos básicos: la composición de la mezcla, las exigencias constructivas y la evaluación de su comportamiento estructural <sup>[5]</sup>.

En el caso específico de las mezclas densas, en su resistencia desempeña un rol primordial el mortero bituminoso, dado que éste absorbe gran parte de la energía mecánica transmitida por el tránsito. Asimismo, estas mezclas se elaboran con emulsiones de rotura lenta y se caracterizan por tener un esqueleto mineral muy bien graduado, de estructura cerrada, rico en mortero y filler <sup>[6]</sup>.

En un principio en nuestro medio se desarrollaron métodos de dosificación de mezclas densas con emulsión aniónica superestable (EBL2) que demostraron dar muy buenos resultados prácticos tanto en nuestro país como en el extranjero <sup>[7]</sup>.

Posteriormente con la aparición de las emulsiones catiónicas lentas surgieron

procedimientos que permitieron dosificar mezclas densas en frío teniendo en cuenta las características particulares que imparte dicho material <sup>[8]</sup>.

En cuanto a las características del árido a utilizar, éste puede ser de muy variada naturaleza y procedencia, pero es fundamental que se pueda conseguir un buen reparto de la emulsión sobre el mismo, en forma de película continua, envolviendo a las partículas y formando un buen mortero con la fracción más fina. Para facilitar la envuelta y evitar que se produzca la rotura prematura de la emulsión, se adiciona un determinado aporte de agua de prehumectación. No obstante puede suceder que el material resultante tenga un exceso de humedad al momento de la compactación.

En ese caso habrá que prever una eliminación de dicho exceso mediante un proceso de aireación y almacenamiento. Para ajustar la cantidad de agua se han desarrollado algunas investigaciones en Argentina. Sobre este tema, Massaccesi y Ciafardo <sup>[9]</sup> utilizan una fórmula de cálculo del agua de mezclado en función de la granulometría y tipo de áridos empleados.

Un comentario adicional merece el tema de la resistencia de una mezcla asfáltica en frío con emulsión. Fernández del Campo <sup>[10]</sup> recomendaba hacer una valoración cabal de los siguientes aspectos:

- ✓ Afinidad y adhesividad del árido con la emulsión y el grado de homogeneidad alcanzado en la distribución
- ✓ Cantidad de agua que contiene la mezcla
- ✓ Fluidos totales de mezclado (se considera que la emulsión forma parte de los fluidos)
- ✓ Humedad adecuada para la compactación
- ✓ Densidad óptima para alcanzar la resistencia deseada
- ✓ Resistencia en seco
- ✓ Resistencia remanente después de inmersión en agua
- ✓ Comportamiento del material en la primera etapa de su vida útil.

Dada la importancia de la red vial de la provincia de Buenos Aires, tanto por su extensión como por el servicio que brinda a los usuarios, ha surgido la idea de desarrollar una tesis centrada en la propuesta del diseño de mezclas asfálticas en frío densamente graduadas para ser utilizadas en obras de construcción y

conservación sin mermar la calidad estructural y funcional de los pavimentos.

Este aporte podría significar una alternativa válida a considerar en los planes de conservación de la D.V.B.A. para satisfacer las necesidades de las poblaciones del interior, en pos de una mejora en la calidad de vida de sus habitantes, a la vez que un avance en el conocimiento del comportamiento de las mezclas asfálticas en frío densamente graduadas empleando áridos bonaerenses y emulsiones de producción nacional.

## **1.2. OBJETIVOS DE LA TESIS**

El objetivo general de esta investigación es procurar un avance en los procedimientos de diseño para la ejecución de mezclas densas en frío y efectuar un estudio técnico-económico comparativo con una mezcla en caliente. Para alcanzar esta meta, se han planteado una serie de objetivos específicos, que se detallan a continuación:

- 1) Estudiar el comportamiento de estas mezclas, elaboradas con agregados pétreos de la provincia de Buenos Aires y emulsiones convencionales y modificadas de producción nacional.
- 2) Desarrollar una aproximación a una metodología de diseño de mezclas densas en frío a través del ensayo de Tracción Indirecta.
- 3) Efectuar un análisis comparativo en la faz técnica y económica con una mezcla asfáltica convencional en caliente.

## **1.3. ESTRUCTURA Y CONTENIDO DE LA TESIS**

El Capítulo 1 consiste en una descripción de la red vial de la provincia de Buenos Aires, una explicación de la importancia de profundizar en el conocimiento de las técnicas de conservación de pavimentos más sostenibles y una presentación de los objetivos de la presente tesis.

El Capítulo 2 reseña un estado del arte sobre el tema de la tesis. Se define a la mezcla asfáltica en frío y sus métodos de diseño, haciéndose énfasis en la ausencia de un único procedimiento. Se exponen también las investigaciones desarrolladas

para conocer en detalle las características que presentan estas mezclas.

El Capítulo 3 concentra todos los estudios de Laboratorio. Comienza con una caracterización de los materiales utilizados, los áridos vírgenes, las emulsiones, el asfalto, los ligantes hidráulicos y la proporción de los mismos. A continuación se detalla la metodología seguida para determinar el agua de preenvuelta y los fluidos de compactación, además como se prepararon y compactaron las probetas, las condiciones de maduración y curado. Posteriormente se valora en las distintas mezclas la cohesión, se estudia la influencia del agua y la temperatura en la resistencia a la tracción, se determina el módulo de rigidez a distintas temperaturas al igual que las deformaciones plásticas.

El Capítulo 4 refiere al comportamiento mecánico de una determinada sección estructural de pavimento. Se hallan las tensiones y deformaciones en los puntos más desfavorables mediante un programa ordenador que determina el estado tensional en el pavimento. Asimismo se determina el número de ejes que podrá soportar la estructura, considerando a esta como un macizo multicapa que falla por fatiga.

El Capítulo 5 expone un análisis técnico-económico comparativo. A partir de los valores de módulos obtenidos y suponiendo idénticas condiciones de apoyo - subbase y base-, se efectúa un análisis comparativo del costo que insumiría la ejecución de una capa de rodamiento de concreto asfáltico en caliente y en frío para una determinada vida útil, utilizando distintas metodologías de elaboración en estas últimas mezclas.

El Capítulo 6 condensa las conclusiones a las que se han arribado y propone acciones a los fines de posibilitar continuar en el futuro la investigación trazada en la presente tesis.

**1.4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:**

- [1] D.V.B.A. "Plan Estratégico Vial 2003-2012". La Plata (2.003).
- [2] PEREZ JIMENEZ, Félix, MIRO RECASENS, Rodrigo y PONS CLARET, Xavier. "Análisis técnico-económico del empleo de la grava emulsión para capa de subbase en la construcción de firmes flexibles y semirrígidos". PREMIO ESPAS 90. Barcelona (1.990).
- [3] BOLZAN Pablo. "Dosificación de mezclas bituminosas densas en frío elaboradas con emulsiones catiónicas". Informe Técnico CONICET. Revista VIALIDAD N° 90 (1.985).
- [4] Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Conservación de Carreteras. Ministerio de Fomento. Madrid (2.001).
- [5] PETRONI Eberto. "Mezclas asfálticas en frío". Curso de Tecnología y Construcción de Pavimentos. Vaquerías (1.983).
- [6] LOPEZ Gonzalo e IVORRA Rafael. "Mezclas bituminosas en frío". XXVIII Reunión del Asfalto. Buenos Aires (1.995).
- [7] CIAFARDO Oscar, MASSACCESI Diulio. "Concretos asfálticos elaborados con emulsiones bituminosas, proyecto y técnicas constructivas". Instituto de Pesquisas Rodoviaras, Pub. 417. Río de Janeiro (1.970).
- [8] BOLZAN Pablo y MASSACCESI Diulio. "Dosificación de mezclas bituminosas densas en frío con emulsiones catiónicas". Indian Road Congress. Hyderabad (1.987).
- [9] CIAFARDO Oscar, MASSACCESI Diulio. "Estudios de laboratorio y resultados de obras ejecutadas con concretos asfálticos en frío". XXV Reunión del Asfalto. Córdoba (1.988).
- [10] FERNANDEZ DEL CAMPO Juan Antonio. "Pavimentos bituminosos en frío". Editores Técnicos Asociados S.A. Barcelona (1.983).



## CAPÍTULO 2. MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO

### 2.1. INTRODUCCIÓN

Las mezclas asfálticas en caliente son una combinación de agregados y asfalto que en su proceso de fabricación deben ser calentados entre 140 y 160°C.

Posteriormente estos materiales se mezclan en una planta, se extienden con máquinas llamadas terminadoras y se compactan en caliente.

En general, hay un importante consenso en cuanto a la metodología de diseño y la puesta en obra de estas mezclas, y se consideran de muy buena calidad. Partiendo de estas ideas se desarrollaron las mezclas asfálticas en frío, en las que el ligante bituminoso es la emulsión. Debido al uso de ésta, no es necesario calentar ni los agregados ni los ligantes y es posible trabajar a temperatura ambiente. Los agregados tampoco requieren pasar por el proceso de secado, es decir, se los puede emplear del mismo modo en que se encuentran acopiados con su humedad natural.

Una definición sencilla de estas mezclas es la siguiente: la denominación de mezclas con emulsión abarca a todas aquellas mezclas en que el betún asfáltico se encuentra emulsionado en agua, condición que facilita en una primera instancia su manejo, y que luego de ejecutada la mezcla pasa a depositarse sobre las partículas de áridos en una fina película que los recubre <sup>[1]</sup>.

En un análisis más amplio de su definición, las mezclas con emulsión, también conocidas como mezclas en frío, abarcan un amplio rango de productos e incluso de técnicas de fabricación y constructivas. Considerando los materiales, se pueden usar agregados vírgenes o reciclados, suelos, emulsiones catiónicas o aniónicas, con solventes o polímeros, adiciones como cales, cementos o filler calcáreo. Si se analiza su fabricación, las mezclas se pueden fabricar in situ o en plantas, si se analiza su puesta en obra, se puede usar una extendedora o una motoniveladora,

incluso con herramientas de mano si se trata de reparar un bache. Por esta razón no existe una única metodología de diseño para tanta variedad, sin embargo hay algunas características comunes que deben tenerse en cuenta en cualquier diseño de mezcla en frío <sup>[2]</sup>. Dichas características se expondrán durante el desarrollo de este Capítulo.

De acuerdo con el porcentaje de vacíos final, las mezclas en frío se clasifican en densas, semi densas y abiertas.

Las primeras experiencias con mezclas en frío en Argentina datan de la década del '50, utilizándose diferentes métodos constructivos tanto en la etapa de elaboración como de colocación de la mezcla. Las tareas fueron orientadas fundamentalmente a la pavimentación urbana, obteniéndose buenos resultados en importantes ciudades de las provincias de Buenos Aires y La Pampa. Asimismo en provincias como Mendoza, Tucumán, Santa Fe y Río Negro entre otras, se ejecutaron tramos de rutas no demasiados extensos de bajo tránsito vehicular con resultados disímiles tanto en la faz constructiva como en lo relativo a su durabilidad. Últimamente se tiene conocimiento de la pavimentación de calles empedradas con mezclas en frío densamente graduadas en la provincia de Misiones, más precisamente en la ciudad de Posadas, encomendada por la Dirección Provincial de Vialidad a modo experimental, obteniéndose un producto final de buena calidad que cumplió con las expectativas anhelada por las autoridades <sup>[3]</sup>.

Los materiales esenciales de estas mezclas bituminosas en frío son las emulsiones y los áridos. Dada la complejidad y la importancia del componente cohesivo en esta combinación, merecen especial atención sus características y propiedades. Por esta razón se presenta a continuación un apartado donde se analizan exclusivamente las emulsiones, comentando sus antecedentes en el área vial, la producción en el mercado mundial actual, los distintos tipos de emulsiones empleadas y los procesos que tienen lugar cuando este ligante se combina con los agregados para formar una mezcla en frío.



## 2.2. EMULSIONES ASFÁLTICAS

### 2.2.1. Generalidades

Una emulsión es una dispersión de un líquido en forma de pequeñísimas partículas en el seno de otro líquido con el que no es miscible <sup>[4]</sup>. Por tanto, es un sistema en el que coexisten dos fases, una discontinua constituida por las partículas dispersas, y otra continua formada por el líquido dispersante. En la literatura se pueden encontrar muchas y más precisas definiciones que tienen en cuenta el tamaño de las partículas de la fase dispersa u otras propiedades específicas.

En el año 1.902, un doctor en Física suizo, Ernest Guglielminetti, se dedicó a promover la técnica de cubrir con asfalto emulsificado las superficies de los caminos a lo largo de la costa del Mediterráneo en Mónaco, con el objeto de estabilizarlos y reducir el polvo producido por el tráfico. Sin embargo, no fue hasta 1.922 que se patentó la primera emulsión por dos químicos británicos llamados Hugh Mackay y George S. Hay.

El producto años más tarde entró en el mercado con el nombre de COLAS derivado de la patente "Cold Asphalt". A partir de entonces comenzaron a fabricarse emulsiones en varios países de Europa y Estados Unidos, esta vez para construir pavimentos flexibles sin tener que calentar el asfalto y proceder a la puesta en obra a la temperatura ambiente <sup>[5]</sup>.

La técnica se implementó rápidamente y como ejemplo, basta contar que ya en 1.925 la emulsión se usó para construir un circuito de carreras en Montlhéry.

En un principio sólo se fabricaban emulsiones aniónicas, que presentaban problemas de adhesividad frente a los agregados de naturaleza ácida tales como sílice, cuarzo y granito, pero cuando se desarrollaron las emulsiones catiónicas, en 1.951, por la empresa ESSO en Francia, su uso se extendió significativamente porque pueden emplearse con cualquier tipo de agregados, tanto ácidos como básicos.

Lentamente se fue incrementando el uso de las emulsiones, a medida que se adquirían más conocimientos sobre cómo aplicarlas correctamente. Paralelamente también se desarrollaron equipos constructivos adecuados para conseguir resultados técnicos exitosos. Pero no es hasta la década del '70 con la crisis

energética que no se toman medidas para conservar los recursos y entonces se le da más importancia al uso de emulsiones por las ventajas que conllevan en comparación al uso de asfaltos diluidos que se venían usando hasta el momento.

La producción y utilización de las emulsiones se incrementó rápidamente en Europa y puede decirse que aún continúa haciéndolo después de muchas décadas.

Europa sigue ocupando una posición importante en el uso de este ligante; como se puede observar en la Tabla 2.1, cinco de los diez países mayores productores de emulsiones pertenecen a este continente.

Nº	PAÍS	CONSUMO [Tn]	CONSUMO POR HABITANTE [kg/hab]	BETUN USADO COMO EMULSION [%]
1	USA	2.300.000	9	5
2	Francia	1.010.000	17	25
3	México	515.000	6	34
4	Brasil	400.000	3	5
5	España	350.000	9	18
6	Japón	316.000	3	5
7	Tailandia	300.000	5	24
8	Reino Unido	160.000	3	5
9	Alemania	130.000	2	3
10	Italia	100.000	2	3

Tabla 2.1 - Consumo de emulsión asfáltica en los países mayores productores.  
Fuente: EAPA 2.010. Ref. <sup>[6]</sup>

Otros países de Europa también producen una cantidad importante de emulsión, por ejemplo: Portugal (86.000 t), Turquía (85.000 t), Suecia (70.000 t), Países Bajos (30.000 t), Austria (23.000 t), Bélgica (20.000 t) y Dinamarca (20.000 t).

No hay suficiente información sobre los países de Europa Central, donde el uso de la emulsión aún es limitado. Francia se destaca por ser el país donde se produce y se usa el 50 % de la producción total de emulsión de todo el continente.

Entre todas las técnicas ejecutadas con emulsiones (riegos con y sin agregado pétreo, lechadas bituminosas, mezclas abiertas, densas y recicladas, grava-emulsión), las mezclas en frío representan un porcentaje significativo del mercado de la emulsión, si bien varía de un país a otro: 3 % en Alemania, 5 % en

Italia, 15 % en España, 20 % en Francia, 43 % en Portugal, esta categoría cubre varias tecnologías distintas, desde mezclas abiertas (almacenables y usadas para cubrir baches), hasta mezclas densas en frío para capas de rodamiento <sup>[6]</sup>.

En estos últimos años, la producción mundial de emulsiones bituminosas ha alcanzado una cifra estimada superior a los 8 millones de toneladas por año. La Tabla 2.2 permite observar cómo se distribuye esta cifra que pone en evidencia la importancia de las emulsiones bituminosas en el mercado mundial y en particular, en el continente americano, donde puede apreciarse que, junto con Europa, se ubica entre los mayores productores y consumidores.

<b>Parámetro ⇒</b>	<b>EMULSION PRODUCIDA [miles de t]</b>	<b>RED TOTAL DE CARRETERAS [miles de km]</b>	<b>CONSUMO DE EMULSION [t/km]</b>
<b>Continente ↓</b>			
Europa	2.280	3.951	0,58
África	126	507	0,25
América	5.146	9.619	0,53
Asia y Oceanía	725	4.303	0,17
Total mundial	8.277	18.380	0,45

Tabla 2.2 - Datos de producción y consumo de emulsión. Fuente ATEB 2.002. Ref. <sup>[7]</sup>

Datos recabados en empresas del rubro permiten estimar que la producción anual de emulsiones en Argentina ronda las 55.000 t. Del total producido aproximadamente un 40 % es de corte rápido para riegos de liga/adherencia, un 35 % se emplean en lechadas asfálticas y microaglomerados y el 25 % restante son emulsiones de rotura lenta para riegos de imprimación y/o mezclas densas/semidensas.

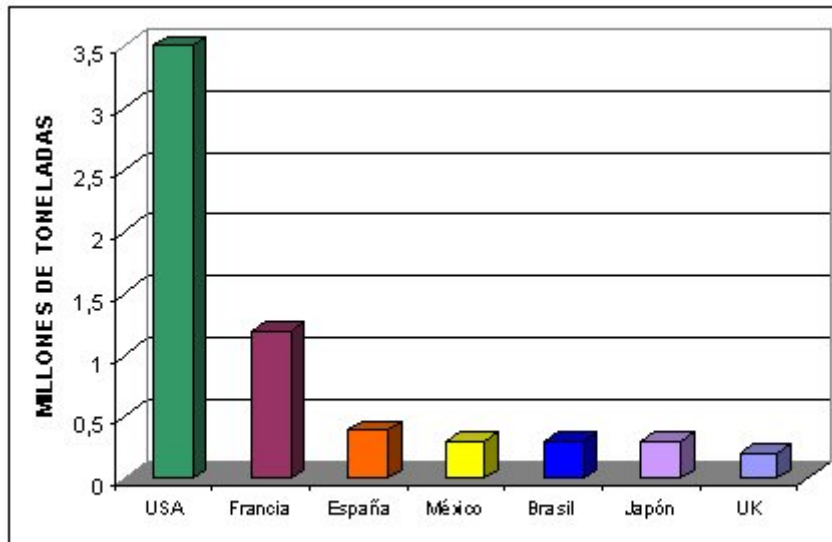


Figura 2.1 - Países mayores productores de emulsiones bituminosas. Fuente: ATEB. Ref. [7]

Las emulsiones pueden ser directas, inversas o múltiples. Las emulsiones utilizadas en carreteras son directas. A continuación se hace una breve descripción de cada una de ellas:

- Las emulsiones directas se caracterizan porque la fase dispersa es una sustancia lipofílica (que tiene afinidad con las grasas o aceites) y la fase continua es hidrofílica (agua). Es el caso de las emulsiones bituminosas y otros productos alimenticios como la leche o la mayonesa.
- En las emulsiones inversas, la fase dispersa es la sustancia hidrofílica y la fase continua, la lipofílica. En este grupo se encuentran los fluidos hidráulicos y muchas cremas cosméticas.
- En las emulsiones múltiples la fase dispersa contiene una emulsión inversa y la fase continua es un líquido acuoso. Estas emulsiones se emplean en la industria farmacéutica especialmente.

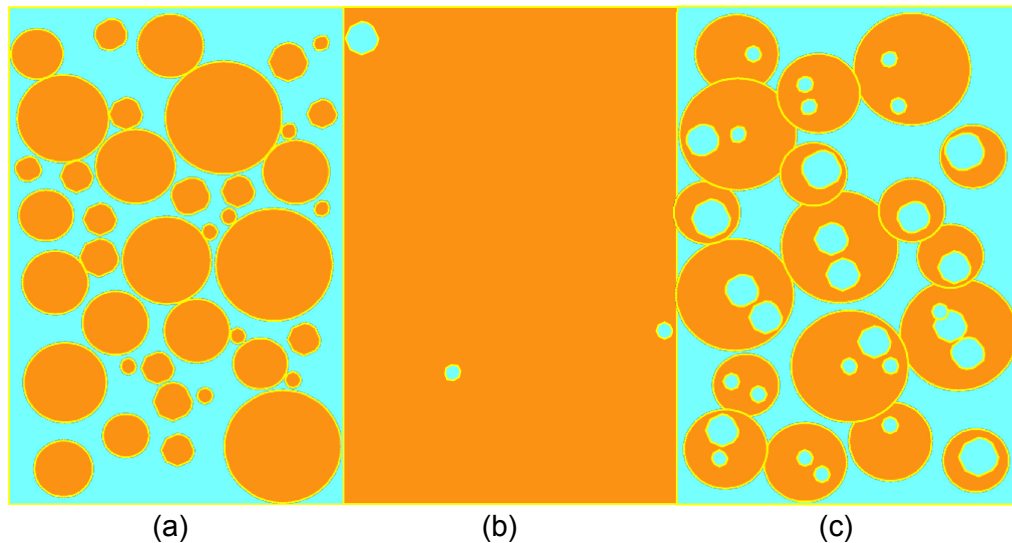


Figura 2.2 - Tipos de emulsión: (a) directa, (b) inversa y (c) múltiple. Ref. [5]

### 2.2.2. Componentes de una emulsión

Hasta aquí y en este capítulo se ha hecho referencia a dos componentes de la emulsión: agua y asfalto; sin embargo es necesario contar con un tercer elemento para conseguir mantener el asfalto disperso en agua.

El betún es por su propia naturaleza hidrófobo, y en una emulsión al chocar las partículas de betún se unirían dando lugar a otras con tamaños más grandes, lo que provocaría al final la separación del betún y del agua en dos fases. Para evitar la coalescencia de las partículas de betún y conseguir una buena estabilidad de la emulsión, es preciso adicionar a la misma, sustancias que impidan las sucesivas aglomeraciones de las partículas de betún; a estos aditivos se los denomina emulsionantes [8].

En esta sección se describirán las características más importantes de los tres componentes de una emulsión.

- Asfalto

En la fabricación de emulsiones normalmente se utilizan betunes cuya penetración va desde 45 hasta 200. Usualmente el contenido de asfalto en una emulsión directa oscila entre un 40% y un 75%.

El límite superior depende de la distribución de los tamaños de las gotas de asfalto. Cuando las gotas son de tamaño uniforme, el máximo contenido de

betún en la emulsión es menor que cuando la distribución se hace con partículas de tamaño variado, puesto que las más pequeñas se acomodan entre las de mayor tamaño. Cuanto más contenido de betún tenga la emulsión, más viscosa será la misma.

El diámetro de las gotas de betún suele variar de 1 a 10 micrones. La Figura 2.3 muestra un ejemplo de distribución del tamaño de partículas de betún en una emulsión y la Figura 2.4 una imagen obtenida con microscopio.

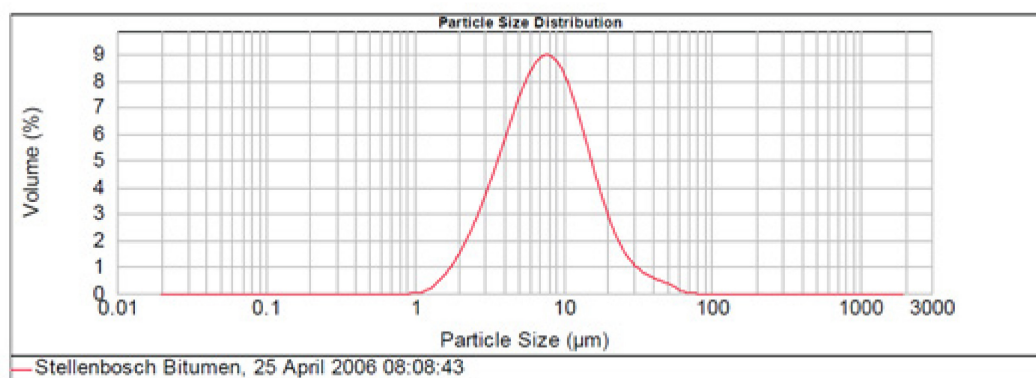


Figura 2.3 - Distribución del tamaño de partículas de una emulsión directa con 65% de betún. Ref. <sup>[5]</sup>

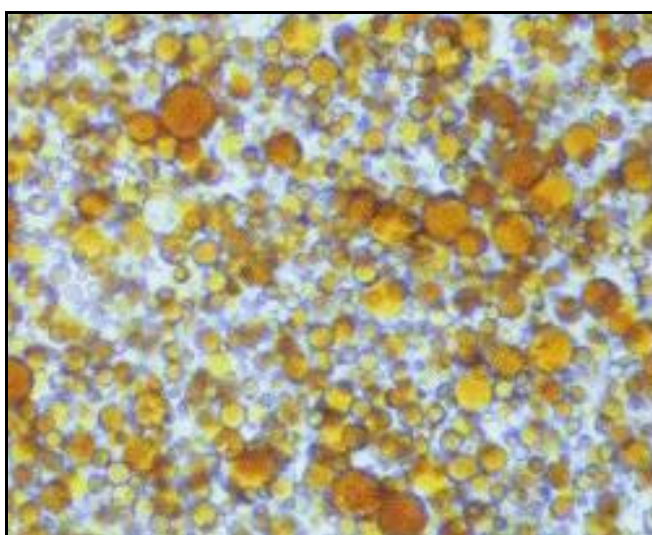


Figura 2.4 - Imagen en un microscopio de una emulsión bituminosa. Ref. <sup>[5]</sup>

- Agua

Hay una serie de cuidados que deben tenerse con respecto al contenido de impurezas existentes en el agua, tanto disueltas como en suspensión. El cloruro de calcio y otras sales solubles son usadas a menudo en la fase acuosa de emulsiones catiónicas (0,05 % a 0,2 %). El asfalto puede contener sales dejadas por un inadecuado proceso de desalinización en el crudo y estas sales pueden causar hinchamiento por ósmosis en las partículas de una emulsión. El resultado es un incremento en la viscosidad de las emulsiones seguido por una disminución cuando la sal escapa de la partícula de asfalto. El cloruro de calcio ayuda a reducir la ósmosis de la partícula de asfalto así como el incremento de viscosidad durante su almacenaje. El cloruro de calcio puede también reducir el asentamiento de emulsiones incrementando la densidad de la fase acuosa y en algunos casos mejora el rendimiento de los emulsificantes.

Las emulsiones aniónicas pueden ser sensitivas a la dureza del agua por lo tanto la adición de 0,1 % de tripolifosfato de sodio actúa como suavizador de agua mejorando además la calidad de la emulsión [9].

- Agente emulsivo

El agente emulsionante, también llamado surfactante, trabaja como agente activador de superficie. Cumple al menos tres funciones fundamentales: facilita la dispersión, evita la aglomeración de partículas cargándolas eléctricamente con la misma polaridad, favorece la adherencia árido-betún. Estos agentes químicos tenso-activos son sustancias solubles en agua capaces de modificar las propiedades del solvente y de las superficies con las que entran en contacto.

Los emulsionantes son sustancias cuyas moléculas constan de una larga cadena hidrocarbonada de naturaleza apolar con tendencia a asociarse con el betún, en cuyo extremo tiene un grupo funcional de naturaleza polar, con afinidad por el agua. En una emulsión de betún, la parte lipófila (cadena hidrocarbonada) del emulsionante se une a la superficie del glóbulo de betún y la parte hidrófila (polar) se orienta hacia el agua reteniendo sobre la superficie de las partículas moléculas de agua, llamadas capas de solvatación. Esta capa impide, en el caso de un choque entre glóbulos, que estos se pongan en

contacto directo y se produzca la coalescencia. Además, la parte hidrófila del emulsionante está formada por electrolitos, los cuales se ionizan en presencia de agua dotándola de una carga eléctrica, originando que los glóbulos de betún queden cargados. Las cargas electrostáticas en las gotas causan fuerzas de repulsión y evitan que las gotas se aproximen y vuelvan a unirse unas a otras [8].

### 2.2.3. Clasificación de las emulsiones

Según la forma de ionizarse en el agua, las emulsiones se clasifican en aniónicas, catiónicas y no-iónicas. En el ámbito de los ligantes para capas o riegos en carreteras sólo se emplean las emulsiones aniónicas y catiónicas.

- Emulsiones Aniónicas (-)

Tienen como emulsivo jabones, oleatos o resinas de sodio o potasio que producen sobre la superficie del glóbulo de asfalto una carga eléctrica negativa.

Estas emulsiones no comienzan a romper hasta que no se haya evaporado una importante cantidad de agua de tal manera que las partículas de betún tengan la posibilidad de unirse y depositarse sobre el agregado.

Las Figuras 2.5 y 2.6 muestran un esquema de la emulsión aniónica y catiónica respectivamente.

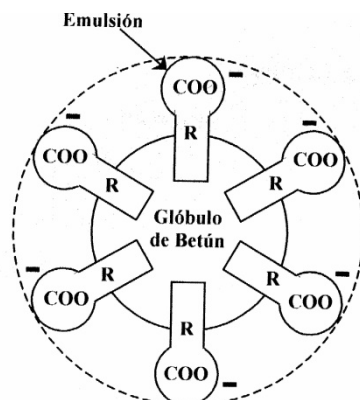
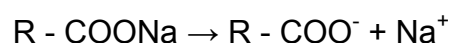


Figura 2.5 - Emulsión aniónica





La parte activa  $R - COO^-$  recubre el glóbulo de betún asegurando su estabilidad, y el ion  $Na^+$  queda en disolución dando el carácter básico de la emulsión <sup>[8]</sup>.

- Emulsiones Catiónicas (+)

Tienen como emulsionante sales grasas de diaminas, imidazolin, amidoaminas, sales cuaternarias de amonio, que le confieren al glóbulo de asfalto una carga positiva.

Estas emulsiones rompen fundamentalmente por adsorción del agente emulsionante sobre la superficie del agregado (generalmente cargada negativamente).

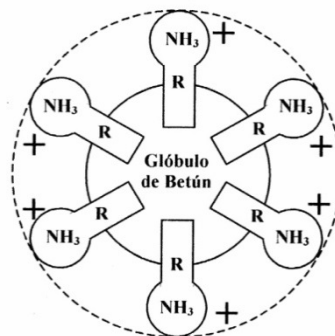
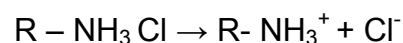


Figura 2.6 - Emulsión catiónica



Los cationes  $R - NH_3^+$  tapizan los glóbulos de betún estabilizando la emulsión y el anión  $Cl^-$  queda en disolución, dando el carácter ácido al medio acuoso <sup>[8]</sup>.

Una segunda clasificación de las emulsiones está dada por la velocidad de rotura de éstas, las hay de rotura rápida, media y lenta

#### 2.2.4. Emulsiones Modificadas

En virtud de que algunas mezclas fabricadas en frío ven limitada su aplicación, principalmente en aquellos casos en que las sollicitaciones del tránsito son severas, los últimos desarrollos tecnológicos han dado lugar al empleo de emulsiones

bituminosas especiales, cuyo betún residual presenta características mecánicas y reológicas notablemente mejoradas con respecto al betún base tales como:

- ✓ Aumento importante de la cohesión
- ✓ Mejora de la susceptibilidad térmica
- ✓ Mejora de la elasticidad
- ✓ Disminución de la temperatura de fragilidad Fraas
- ✓ Mejora de la adherencia con los agregados

#### 2.2.4.1. Emulsión de reología modificada

Fueron desarrolladas en los años 50 por la firma Mc Connaughay de los EEUU. Estas emulsiones aniónicas se fabrican con emulsionantes especiales que modifican el ligante de base empleado en la fabricación de la emulsión dando lugar a betunes residuales con mejores propiedades reológicas y con una menor susceptibilidad a la temperatura. Estas emulsiones se emplean generalmente en la elaboración de mezclas abiertas en frío con áridos calizos.

#### 2.2.4.2. Emulsión de betún-caucho

El látex es una emulsión estable de polímero en agua. Los látex de caucho pueden mezclarse con las emulsiones bituminosas para obtener emulsiones betún-caucho, siempre que las cargas de ambas emulsiones sean del mismo signo; pero los mejores resultados se obtienen adicionando previamente el látex al tanque de agua y emulsionante, fabricando a continuación la emulsión modificada.

Los látex en forma de látices generalmente empleados son los de estireno-butadieno (SBR), policloropreno (CR) y caucho natural (NR).

También pueden fabricarse emulsiones de betún-caucho, utilizando para fabricar la emulsión como ligante base un betún modificado con polímero, si bien el costo es mayor y puede presentar algunas dificultades durante la fabricación al tener el betún modificado una viscosidad superior a la del betún puro. No obstante son las de mayor calidad ya que el polímero está bien disperso en el betún <sup>[8]</sup>.

### 2.2.5. Fabricación de una emulsión

Las emulsiones bituminosas se fabrican en plantas que tienen una capacidad de producción variable, desde 5.000 a 25.000 toneladas/año. Estas plantas disponen de depósitos de almacenamiento para las materias primas y el producto final: la emulsión; tienen sistemas de calentamiento para los ligantes y el agua, y un equipo de fabricación que en la mayoría de los casos es un molino coloidal, donde los componentes de la emulsión se someten a una fuerte acción de corte (cizallamiento) al girar a una velocidad muy alta que consigue dispersar el asfalto en el agua en gotas de tamaño uniforme.

En todas las plantas se encuentran los componentes separados según dos fases: la fase acuosa donde se colocan el agua, el emulsionante y los aditivos, y la fase bituminosa donde están el asfalto y el fluidificante.

Las plantas, según su funcionamiento, pueden ser continuas o discontinuas. En las primeras el proceso se realiza de modo que todos los componentes se inyectan en línea y pasan por el molino coloidal, provenientes de tanques de almacenamiento con suficiente capacidad, de modo que la emulsión se va obteniendo de forma continua sin paradas. Este tipo de fabricación ofrece grandes capacidades de producción, sobre todo si la instalación está dotada de equipos automatizados.

En las Plantas de producción discontinua o "batch" el proceso se realiza en cantidades finitas; se preparan los componentes de la emulsión en tanques de una capacidad determinada y posteriormente se envían todos al elemento cizallador. Una vez agotados, se deben preparar de nuevo con lo que la producción se detiene.

La capacidad de fabricación suele ser menor que en el caso anterior, pero a cambio gana algo más en versatilidad <sup>[10]</sup>. En las Figuras 2.7 y 2.8 pueden apreciarse el esquema de funcionamiento de ambos tipos de plantas.

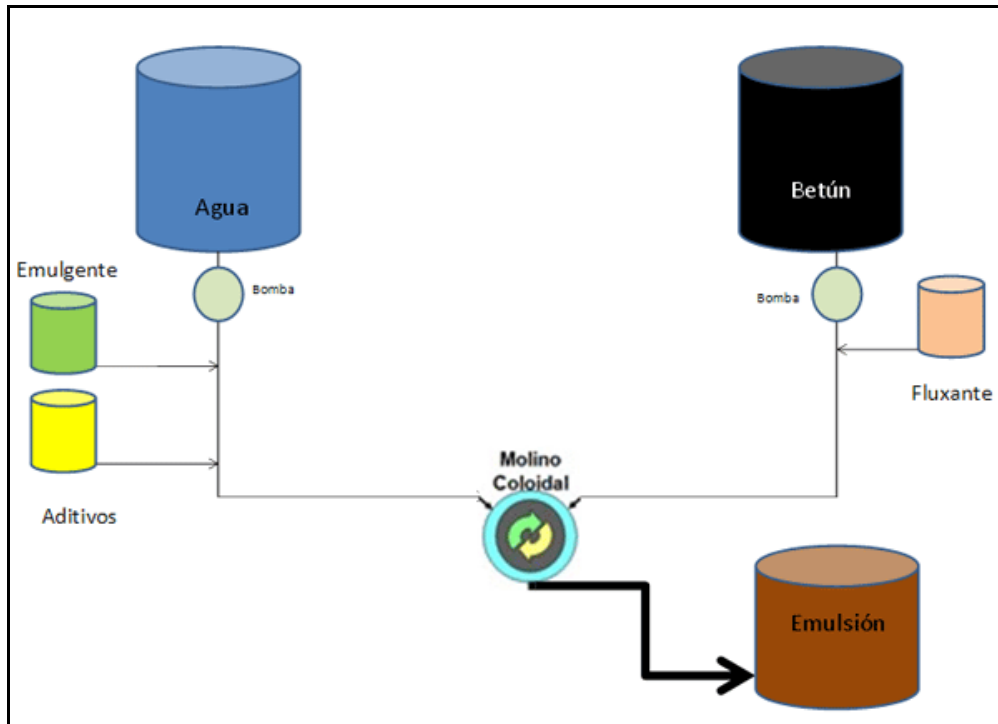


Figura 2.7 - Esquema de producción de una emulsión catiónica en una planta continua. Fuente: ATEB

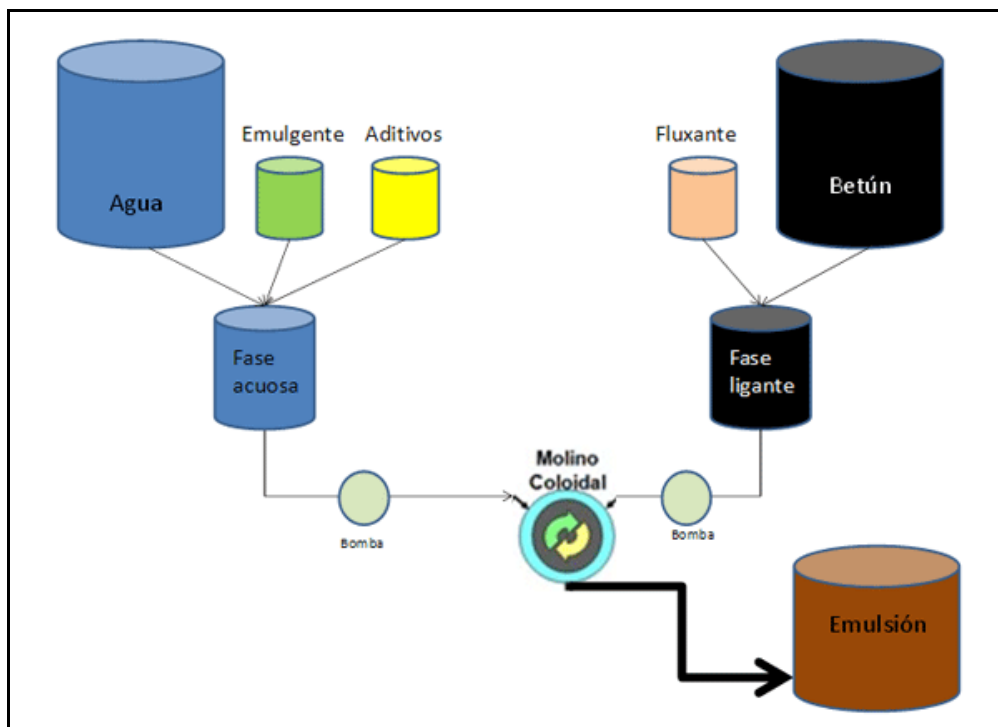


Figura 2.8 - Esquema de producción de una emulsión catiónica en una planta discontinua o "batch". Fuente: ATEB

Para poder combinar estas dos fases, es necesario que la parte bituminosa alcance una viscosidad mínima para poder bombearse y someterse al proceso que sufrirá en el molino coloidal. La temperatura correspondiente a esta viscosidad suele oscilar entre 120 °C y 150 °C para los betunes de penetración media y entre 180 °C y 190 °C cuando se emplean betunes de muy baja penetración o betunes modificados.

También hay que controlar la temperatura de la fase acuosa para evitar un choque térmico importante cuando ambas fases entran en contacto en el molino. El rango de temperaturas del agua también varía con el tipo de asfalto empleado, está entre 30 °C y 60 °C para los asfaltos más usuales y entre 70 °C y 80 °C para los más duros y los modificados.

El molino coloidal es el equipo más utilizado para combinar las dos fases, si bien también existen otros métodos de cizallamiento como los mezcladores estáticos, los homogeneizadores de alta presión y los agitadores con hélices. El molino debe ser capaz de alcanzar altas velocidades, de 1.000 a 6.000 rpm, para conseguir que el asfalto quede dividido en partículas muy pequeñas.

El tamaño de estas partículas, si bien depende de la energía mecánica suministrada por el molino, suele tener un diámetro de 1 a 10 micrones <sup>[11]</sup>.

Finalmente, las plantas también disponen de tanques de almacenamiento de las materias primas y las emulsiones, que deben estar preparados para dar cabida a la producción de la planta y a las condiciones de almacenamiento y temperatura prevalecientes. Los tanques de almacenamiento de la emulsión deben aislarse térmicamente para evitar el efecto de las bajas temperaturas.

Con respecto a la forma de los tanques, es conveniente que sean de tipo vertical para minimizar la menor superficie de emulsión expuesta al aire y evitar la formación de una “piel” que puede tener lugar en la superficie de las emulsiones. También se suelen colocar unas hélices en los tanques que se emplean para mezclar el material e impedir la formación de esta piel.

Si la densidad de las partículas es diferente a la fase acuosa, estas tenderán a flotar o descender formando cremosidad o asentamiento después de prolongados periodos de almacenaje. Las emulsiones generalmente muestran asentamiento pero aquellas con alto contenido de solvente presentan cremosidad <sup>[9]</sup>.

### 2.2.6. Proceso de rotura la emulsión

Se entiende por rotura de la emulsión a la separación del asfalto del agua, que es el objetivo final de una emulsión para que el asfalto pueda actuar como ligante (al hacer contacto con los agregados o tocar la superficie sobre la que se pretende extender).

Para que este fenómeno tenga lugar, se pueden distinguir tres fases por las que pasa una emulsión desde que se fabrica hasta su puesta en obra: dispersión estable, floculación y coalescencia.

- Dispersión estable

La emulsión se fabrica con el objetivo de ser estable durante un determinado período de tiempo tal que permita su fabricación, transporte, almacenamiento y mezclado o utilización hasta su rotura, pues se sabe que el asfalto no es soluble en agua y por tanto, la emulsión será inestable al cabo de un tiempo, es decir, la emulsión se romperá y se producirá una aglomeración de las gotas de asfalto, dando lugar los procesos conocidos como floculación y coalescencia.

- Floculación y coalescencia

Cuando hay suficiente energía disponible en las gotas de asfalto para superar la barrera electrostática (es decir, las fuerzas de repulsión) creada por el agente, estas gotas comienzan a adherirse unas a otras, es decir, a flocular. En la floculación los glóbulos de betún se adhieren pero no pierden su individualidad. Las partículas floculadas pueden ser separadas por agitación, dilución o adición de más emulsificante. Al cabo de un tiempo el agua atrapada entre las gotas de un flóculo se volverá más fina y las gotas sufrirán el proceso irreversible de coalescencia (varios glóbulos de betún se aglomeran para formar uno de mayor tamaño). Factores como la evaporación del agua, esfuerzos de corte, el efecto de la gravedad, aceleran los procesos de floculación y coalescencia.

Durante los procesos de floculación y coalescencia, a medida que el agua queda atrapada entre las gotas de asfalto, la emulsión pasa de ser directa a inversa, y su contenido de agua es menor de 20%. Cuanto menor es la viscosidad del asfalto presente en la emulsión, más rápidamente se produce el fenómeno de

coalescencia. Al aplicar una emulsión en una carretera, se busca que ésta llegue a la fase de coalescencia después de haber hecho contacto con los agregados y sido puesta en obra.

La Figura 2.9 muestra de un modo esquemático las distintas fases mencionadas que intervienen en la rotura de la emulsión:

- (a) **Dispersión:** la emulsión mantiene las gotas de asfalto separadas entre sí por las cargas electrostáticas que causan la repulsión entre las gotas.
- (b) **Floculación:** las gotas se aproximan y se adhieren.
- (c) **Coalescencia inicial:** el agua es drenada entre las gotas y el emulsionante, provocando la rotura de la película existente y causando que las gotas se fusionen, dejando algo de agua atrapada en su interior.
- (d) **Coalescencia final:** el agua atrapada se difunde.

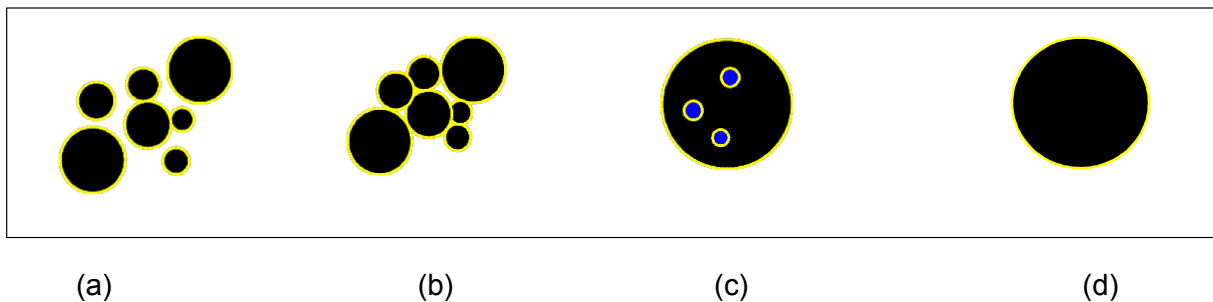


Figura 2.9 - Fases en el proceso de rotura de la emulsión. Ref. <sup>[12]</sup>

Según la reactividad, es decir, la velocidad con la que produce la rotura, existen las emulsiones de rotura rápida (rompen inmediatamente de ponerse en contacto con agregados limpios, se usan en tratamientos superficiales bituminosos), de rotura media (menos rápidas, pueden mezclarse con áridos de poca superficie específica y se suelen utilizar en mezclas abiertas) y de rotura lenta (que se pueden mezclar con agregados de una mayor superficie específica, como es el caso de las mezclas densas, semidensas o una lechada bituminosa).

La velocidad de ruptura y el tiempo de curado dependen de la reactividad de la emulsión, de la reactividad del agregado y de condiciones ambientales como humedad y temperatura.

Generalmente se requiere emulsificante en exceso para proveer buena estabilidad.

Estos emulsificantes libres en la fase acuosa actúan como una reserva para prevenir coalescencia durante la emulsificación, el almacenamiento y transporte [9].

Las Tablas 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7 y 2.8 muestran los requisitos que deben cumplimentar las emulsiones catiónicas convencionales y modificadas en Argentina y que están regidas por las normas IRAM N° 6691 y N° 6698 respectivamente.

Tabla 1 - Emulsiones catiónicas - Requisitos de las emulsiones

Características	Unidad	Requisitos																		Método de ensayo		
		Rotura rápida						Rotura media				Rotura lenta		Superestable		Imprimación		Rotura controlada			Reciclado en frío	
		CRR-0		CRR-1		CRR-2		CRM-1		CRM-2		CRL		CRS		CI		CRC			CRF	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.		Mín.	Máx.
Viscosidad Saybolt Furol a	25 °C	-	50	-	50	-	-	20	-	-	-	-	50	-	50	-	-	-	50	-	35	IRAM 6721
	50 °C	-	-	-	-	20	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	200	-	-	-	-	
Residuo asfáltico por destilación (*)	g/100 g	57	-	62	-	65	-	60	-	60	-	60	-	60	-	40	-	60	-	60	-	IRAM 6719
Hidrocarburos destilables	ml/100 ml	-	3	-	3	-	3	-	-	-	12	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	IRAM 6719
Contenido de agua	g/100 g	-	43	-	38	-	35	-	40	-	40	-	40	-	40	-	60	-	40	-	40	IRAM 6719
Asentamiento	g/100 g	-	5	-	5	-	5	-	5	-	12	-	5	-	5	-	15	-	5	-	10	IRAM 6716
Residuo sobre tamiz IRAM 850 µm	g/100 g	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	IRAM 6717 y 6.1
Recubrimiento y resistencia al agua (**)	-	80	-	80	-	80	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	IRAM 6679
Mezcla con cemento	g/100 g	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	-	2	-	2	IRAM 6718
Mezcla con arena silicea y agua (**)	-	-	-	-	-	-	-	Debe cumplir el ensayo		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.3
Mezcla de lechada asfáltica para clima cálido (**)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Debe cumplir el ensayo		-	-	-	-	-	-	6.4
Carga de partículas	-	Positiva																			IRAM 6690	

(\*) El residuo obtenido de acuerdo a la IRAM 6719 se utiliza posteriormente para realizar los ensayos descritos en la tabla 2.  
 (\*\*) En el caso que se proyecten tratamientos superficiales y estabilizaciones de arena es aconsejable realizar estos ensayos con el agregado de obra, en condiciones similares a las que existirán en ella, en cuanto a las condiciones de mezclado y climáticas.

Tabla 2.3 - Requisitos que deben cumplimentar las emulsiones catiónicas. Norma Iram N° 6691



Tabla 2 - Emulsiones catiónicas convencionales - Requisitos del residuo de destilación (obtenido de acuerdo con la IRAM 6719)

Características	Unidad	Requisitos																		Método de ensayo		
		Rotura rápida						Rotura media				Rotura lenta		Superes-table		Imprima-ción		Rotura controlada			Recicla-do en frío	
		CRR-0		CRR-1		CRR-2		CRM-1		CRM-2		CRL		CRS		CI		CRC			CRF	
		Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.		Min.	Máx.
Viscosidad a 60 °C (1)	mPa.s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	400	-	-	-	-	IRAM 6837	
Penetración del residuo a 25 °C	0,1 mm	Tipo d																				IRAM 6576
		45	60	45	60	45	60	45	60	70	300	45	60	45	60	-	-	45	60	45	60	
		Tipo intermedio																				
		65	100	65	100	65	100	65	100	-	-	65	100	65	100	-	-	65	100	65	100	
		Tipo b																				
		135	200	135	200	135	200	135	200	-	-	135	200	135	200	-	-	135	200	135	200	
Ductilidad a 25 °C	cm	80	-	80	-	80	-	80	-	50	-	80	-	80	-	40	-	80	-	80	-	IRAM 6579
Solubilidad en tricloroetileno	g/100 g	95	-	95	-	95	-	95	-	95	-	95	-	95	-	95	-	95	-	95	-	IRAM 6585
Ensayo de Oliensis	-	Negativo																		IRAM 6594		

(1) Si bien el método de referencia es el de la IRAM 6837, para mediciones de viscosidad en obra se puede utilizar el método de la IRAM 6836.

Tabla 2.4 - Requisitos que debe cumplimentar el residuo de la emulsión catiónica convencional.

**Anexo B**  
(Informativo)

Uso recomendado de las emulsiones asfálticas catiónicas en construcciones viales

Tabla B.1 - Diferentes usos de las emulsiones catiónicas convencionales en construcciones viales

Aplicación	Rotura rápida			Rotura media		Rotura lenta	Rotura superes-table	Imprima-ción	Rotura controlada	Recicla-do en frío
	CRR-0	CRR-1	CRR-2	CRM-1	CRM-2	CRL	CRS	CI	CRC	CRF
Riegos de lila, de curado, en negro	A	P	-	-	-	-	-	-	-	-
Tratamientos superficiales	P	A	A	P	-	-	-	-	-	-
Mezclas en frío abiertas	-	-	-	A	A	-	-	-	-	-
Mezclas en frío almacenables para bacheo	-	-	-	P	A	-	-	-	-	-
Mezclas densas en frío	-	-	-	-	-	P	A	-	-	-
Riegos antipolvo	-	-	-	-	-	P	A	-	-	-
Estabilizaciones de suelos. Gravaemulsión	-	-	-	-	-	P	A	-	-	-
Lechadas asfálticas convencionales	-	-	-	-	-	A	A	-	-	-
Riegos de imprimación	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-
Microaglomerados en frío	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-
Reciclado mezclas asfálticas	-	-	-	-	-	-	P	-	-	A

Referencias:  
A Aconsejable  
P Posible

NOTA. Estas aplicaciones son orientativas. Podrán ajustarse en función de las características de los materiales y las condiciones particulares de la obra.

Tabla 2.5 - Recomendaciones de los tipos de emulsiones catiónicas convencionales según su uso en la construcción vial. Norma Iram N° 6691

Tabla 1 - Emulsiones catiónicas modificadas: ensayos sobre la emulsión original

Características	Unidad	Requisitos														Método de ensayo
		Rotura rápida						Rotura media		Rotura lenta		Rotura superestable		Rotura controlada		
		CRR 0m		CRR 1m		CRR 2m		CRMm		CRLm		CRSm		CRCm		
		Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	
Viscosidad Saybolt Furol a	25 °C	-	50	20	-	-	-	-	-	-	50	-	50	-	50	IRAM 6721
	50 °C	-	-	-	-	40	-	20 (*)	-	-	-	-	-	-	-	
Residuo asfáltico	g/100 g	57	-	63	-	67	-	60	-	60	-	60	-	60	-	IRAM 6719
Hidrocarburos destilables	ml/100 ml	-	3	-	3	-	3	-	12	-	-	-	-	-	-	IRAM 6719
Contenido de agua	g/100 g	-	43	-	37	-	33	-	40	-	40	-	40	-	40	IRAM 6719
Asentamiento	g/100 g	-	5	-	5	-	5	-	10	-	5	-	5	-	5	IRAM 6716
Residuo sobre tamiz IRAM 850 µm	g/100 g	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	IRAM 6717 y 5.1
Superficie recubierta y resistencia al agua	-	80	-	80	-	80	-	30	-	-	-	-	-	-	-	IRAM 6679
Mezcla con cemento	g/100 g	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2(**)	-	2(**)	-	2(**)	IRAM 6718
Mezcla con arena silicea y agua		-	-	-	-	-	-	Debe cumplir el ensayo (***)	Debe cumplir el ensayo (***)	-	-	-	-	Ver <sup>1)</sup>	5.3	
Mezcla de lechada con arena granítica		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Debe cumplir el ensayo	-	-	5.4	
Carga de partículas		Positiva														IRAM 6690

(\*) Para las emulsiones de rotura media sin solvente la viscosidad Saybolt Furol se debe determinar a 25 °C exigiéndose un valor mínimo de 20 s.

(\*\*) Las emulsiones modificadas del tipo CRLm, CRSm y CRCm que no cumplan el ensayo de mezcla con cemento, podrán ser aceptadas previa comprobación de su idoneidad para el uso a que se destinen.

(\*\*\*) Para la emulsión de rotura media con solvente no se exige este requisito.

<sup>1)</sup> No se le exige un tipo de corte en particular.

Tabla 2.6 - Requisitos que deben cumplimentar las emulsiones catiónicas modificadas. Norma Iram N° 6698

Tabla 2 - Emulsiones catiónicas modificadas: ensayos sobre el residuo de evaporación (obtenido de acuerdo con la IRAM 6694)

Características	Unidad	Requisitos														Método de ensayo
		Rotura rápida						Rotura media		Rotura lenta		Rotura superestable		Rotura controlada		
		CRR 0m		CRR 1m		CRR 2m		CRMm		CRLm		CRSm		CRCm		
		Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	
Penetración (*)	0,1 mm	50	200	50	200	50	200	50	200	50	200	50	200	50	200	IRAM 6576
Punto de ablandamiento	°C	50	-	50	-	50	-	40	-	50	-	50	-	50	-	IRAM 6841
		40	-	40	-	40	-			45	-	45	-	40	-	
Ductilidad a 5 °C	cm	10	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10	-	IRAM 6579
Recuperación elástica por torsión	%	12	-	12	-	12	-	12	-	12	-	12	-	12	-	IRAM 6830
Solubilidad en 1,1,1 trichloroetano	g/100 g	95	-	95	-	95	-	95	-	95	-	95	-	95	-	IRAM 6585 y 5.2
Ensayo de Oliensis		Negativo														IRAM 6594
Punto de ruptura Fraass	°C	-	-10	-	-10	-	-10	-	-10	-	-10	-	-10	-	-10	IRAM 6831

(\*) Las emulsiones modificadas con menor penetración en el residuo luego del ensayo de evaporación, se designan añadiendo la letra d. Por las condiciones particulares de la obra se pueden establecer en cada caso, otros valores de penetración en el residuo de las emulsiones.

Tabla 2.7 - Requisitos que debe cumplimentar el residuo de la emulsión catiónica modificada. Norma Iram N° 6698

## Anexo B (Normativo)

### Uso recomendado de las emulsiones asfálticas catiónicas modificadas en construcciones viales

Las recomendaciones de uso de las emulsiones asfálticas catiónicas modificadas contenidas en la presente norma, son las siguientes:

**Tabla B.1 - Diferentes usos de las emulsiones catiónicas modificadas en construcciones viales**

Aplicación	Rotura rápida			Rotura media	Rotura lenta	Rotura superes- table	Rotura controlada
	CRR 0m	CRR 1m	CRR 2m	CRMm	CRLm	CRSm	CRCm
Riegos de liga especiales	A	A	P				
Tratamientos superficiales		A	A				
Riegos de sellado		A	P				
Impregnación de geotextil			A				
Mezclas en frío abiertas				A			
Mezclas densas en frío					P	P	
Lechadas asfálticas					A	A	
Lechadas asfálticas de rotura controlada y micropavimentos							A

Referencias:

A Aconsejable.

P Posible.

NOTA. Estas aplicaciones son orientativas. Podrán ajustarse, en función de las características de los materiales y las condiciones particulares de la obra.

Tabla 2.8 - Recomendaciones de los tipos de emulsiones catiónicas modificadas según su uso en la construcción vial. Norma Iram N° 6698

Cabe destacar que desde el año próximo pasado vienen siendo sometidas a discusión pública las nuevas Normas Iram para emulsiones, no obstante al momento de efectuarse los ensayos de la presente investigación se tomaron como referencia las que se encontraban vigentes.

Se presentan también las clasificaciones de emulsiones aniónicas y catiónicas de Estados Unidos, puesto que más adelante, en este mismo capítulo, se describen

investigaciones llevadas a cabo en ese país con mezclas asfálticas en frío. Tablas 2.9 y 2.10.

Tipo	Velocidad de rotura	Viscosidad de la Emulsión <sup>A1</sup>	Penetración del Residuo <sup>B</sup>
<b>RS-1</b>	Rápida	20 - 100	100 - 200
<b>RS-2</b>	Rápida	75 - 400 <sup>A2</sup>	100 - 200
<b>HFRS-2</b>	Rápida	75 - 400 <sup>A2</sup>	100 - 200
<b>MS-1</b>	Media	20 - 100	100 - 200
<b>MS-2</b>	Media	≥100	100 - 200
<b>MS-2h</b>	Media	≥100	60 - 100
<b>HFMS-1</b>	Media	20 - 100	100 - 200
<b>HFMS-2</b>	Media	≥50 <sup>A2</sup>	100 - 200
<b>HFMS-2h</b>	Media	≥50 <sup>A2</sup>	60 - 100
<b>HFMS-2s</b>	Lenta	≥50 <sup>A2</sup>	≥200
<b>SS-1</b>	Lenta	20 - 100	100 - 200
<b>SS-1h</b>	Lenta	20 - 100	60 - 100

A1 Viscosidad de la emulsión, Saybolt Furol a 77 °F (25 °C), seg.

A2 Viscosidad de la emulsión, Saybolt Furol a 122 °F (50 °C), seg.

B Penetración del residuo a 77 °F (25 °C), 100 g, 5 seg.

Tabla 2.9 - Emulsiones aniónicas en Estados Unidos

Tipo	Velocidad de rotura	Viscosidad de la Emulsión <sup>A1</sup>	Penetración del Residuo <sup>B</sup>
<b>CRS-1</b>	Rápida	20 - 100	100 - 250
<b>CRS-2</b>	Rápida	100 - 400	100 - 250
<b>CMS-2</b>	Media	50 - 450	100 - 250
<b>CMS-2h</b>	Media	50 - 450	60 - 100
<b>CSS-1</b>	Lenta	20 - 100 <sup>A2</sup>	100 - 250
<b>CSS-1h</b>	Lenta	20 - 100 <sup>A2</sup>	60 - 100

A1 Viscosidad de la emulsión, Saybolt Furol a 122 °F (50 °C), seg.

A2 Viscosidad de la emulsión, Saybolt Furol a 77 °F (25 °C), seg.

B Penetración del residuo a 77 °F (25 °C), 100 g, 5 seg.

Tabla 2.10 - Emulsiones catiónicas en Estados Unidos

### 2.2.7. Proceso de maduración de una mezcla en frío con emulsión

La ganancia de resistencia de una mezcla en frío no depende exclusivamente de la rotura de la emulsión.

Según Juan Antonio Fernández del Campo, “en la literatura técnica no existe acuerdo sobre la denominación de este proceso” [13]. Muchos investigadores emplean la expresión “maduración” para explicar el fenómeno en cuestión, otros suelen usar el término “curado”. Existen muchos aspectos que influirán en el aumento de resistencia de estas mezclas, factores como la afinidad del agregado con la emulsión, la homogeneidad de la mezcla, los fluidos de compactación, deberán tenerse en cuenta a la hora de valorar o intentar predecir el futuro comportamiento de la mezcla en servicio.

En cuanto a la velocidad de estos procesos de rotura y curado, se sabe que ésta depende de la reactividad de la emulsión y del agregado y de factores ambientales, tales como temperatura, humedad, velocidad del viento. Por ejemplo, el fenómeno de coalescencia puede llevar desde unas pocas horas en el caso de un tratamiento con piedra partida hasta varias semanas en el caso de una mezcla densa para que el material alcance su resistencia definitiva.

### 2.2.8. Aplicaciones de la emulsión en la ejecución de pavimentos

Las emulsiones tienen una importante variedad de aplicaciones en la ejecución de pavimentos, así como en las tareas de conservación y rehabilitación. Se presentan a continuación las clásicas aplicaciones conocidas y una breve descripción de cada una de ellas:

- Riegos

Son aplicaciones de una película continua y uniforme de emulsión sobre una superficie determinada. Los tres tipos de riegos más usados en ejecución de carreteras son el riego de imprimación (se coloca sobre las capas granulares cuando sobre ellas se va a colocar una mezcla bituminosa), el riego de liga (se usa sobre una capa de mezcla bituminosa cuando se extenderá una capa asfáltica por encima) y el riego de curado (se extiende sobre una capa tratada con un ligante hidráulico).

- Tratamientos superficiales con piedra partida

Son tratamientos superficiales con los que se ejecuta una capa de rodamiento capaz de resistir los esfuerzos transmitidos por un tránsito bajo o medio, consistentes en la ejecución de una o varias aplicaciones de una emulsión bituminosa sobre una superficie, complementada por una o varias extensiones de un árido de granulometría uniforme. Los tratamientos pueden ser simples, dobles o triples.

- Lechadas bituminosas

Son tratamientos superficiales para el sellado de pavimentos y/o la mejora de la textura superficial. Se fabrican mezclando una emulsión bituminosa con agregados, agua y eventualmente polvo mineral de aportación y aditivos.

- Grava-emulsión

Es una mezcla homogénea de áridos, emulsión bituminosa, agua y, ocasionalmente, aditivos. Su aplicación abarca desde la ejecución de una obra nueva hasta las actuaciones de rehabilitación: puede emplearse como una capa de base o subbase (cuando los agregados son de baja calidad y no conviene utilizar capas granulares), como capa anti-reflejo de fisuras o capa de base de un refuerzo.

- Reciclado en frío con emulsión

Es una mezcla convenientemente extendida y compactada, del material resultante del fresado de una o más capas de un pavimento existente, en un espesor comprendido entre seis (6 cm) y doce centímetros (12 cm), emulsión bituminosa, agua y eventualmente, aditivos. Se pueden usar como capa de base, intermedia y antifisuras.

- Mezclas bituminosas en frío

Consisten en una combinación de agregados y emulsión, si bien abarcan una amplia variedad según la fuente de agregados, el contenido de vacíos, etc., tal como se ha comentado en la introducción de este capítulo. Estas mezclas tienen un amplio campo de aplicación, ya sea como capa de rodamiento, capa

intermedia, tratamiento antifisuras y en actuaciones de conservación. En el caso de esta investigación, se van a estudiar mezclas densas o semidensas, es decir, con un contenido de vacíos menor a un 12%.

## 2.3. METODOS DE DISEÑO DE LAS MEZCLAS EN FRÍO

### 2.3.1. Generalidades

No existe un único método de diseño de mezclas densas o semidensas en frío, los existentes suelen variar en función del aspecto de la mezcla que prioriza cada uno: la trabajabilidad, la cohesión o la compactabilidad. La mayoría de los métodos disponibles se basan en procesos de prueba y error o en modificaciones de procedimientos estandarizados que emplean equipos como Marshall o Hveem, intentando simular el fenómeno de curado que tiene lugar en el camino porque es bien sabido el efecto de esta etapa en las propiedades resistentes de la mezcla <sup>[14]</sup>.

Sin embargo, en la última década se han estado desarrollando estudios para mejorar los métodos existentes, especialmente para las mezclas recicladas en frío <sup>[2]</sup>.

Los organismos que realizaron más investigaciones en mezclas en frío son el US Forest Service de Estados Unidos, el Asphalt Institute, la AEMA (Asphalt Emulsion Manufacturers Association), y empresas como Akzo Nobel, Chevron y Mc Connaughay.

El manual de emulsiones asfálticas editado por AEMA y el Asphalt Institute <sup>[15]</sup> en 1.979 describía dos métodos de diseño: uno basado en el método Hveem y usado en California, y el otro basado en el método Marshall desarrollado por el Departamento de Transporte de Illinois. En su segunda edición, en 1.986, este manual presentaba versiones actualizadas de estos métodos después que se publicara el informe del National Cooperative Highway Research Program <sup>[16]</sup>.

También existe el método de Mc Connaughay, que era un productor de emulsiones de Estados Unidos, y las recomendaciones elaboradas por AASHTO y ARTBA (American Road and Transportation Builders Association) para la utilización de materiales reciclados <sup>[17]</sup>.

En general, todos los métodos de diseño se basan en las siguientes cuatro etapas, tal como lo describe James Alan en su informe Cold Mix Design In North America <sup>[2]</sup>:

1. Selección del tipo de emulsión y del contenido de agua para conseguir una buena envuelta:

El contenido de asfalto inicial se calcula a partir de la granulometría del árido o con el ensayo de equivalente centrífugo de kerosén. El tipo de emulsión y el contenido de agua para obtener una máxima envuelta se suele hacer mediante un mezclado manual cuando se trabaja en escala pequeña en laboratorio.

2. Determinación del contenido total de fluidos óptimos de compactación:

En este aspecto hay diversas formas de trabajar: algunos métodos preparan una serie de probetas con un contenido variable de agua usando el compactador Marshall <sup>[17]</sup> u otros usados en suelos <sup>[18]</sup> y buscan el contenido de agua que proporcione al material la máxima densidad (como se suele hacer con los suelos). También existen otros métodos que determinan el contenido óptimo de agua midiendo la estabilidad Marshall en probetas preparadas con distintos contenidos de agua <sup>[15][19]</sup>.

En algunos métodos la misma emulsión no es considerada como fluido y en otros sólo se tiene en cuenta su contenido de agua. Muchas veces es necesario airear las muestras para reducir el contenido de humedad preexistente en los agregados, secando la mezcla antes de la compactación <sup>[19][20]</sup>.

Finalmente, en algunos métodos simplificados se asume un contenido total de fluidos (agua añadida + agua de la emulsión), por ejemplo, 4,5 % para las mezclas recicladas en frío <sup>[21]</sup> y 8 %  $\pm$  0,5 % para las mezclas granulares estabilizadas con emulsión <sup>[22]</sup>.

3. Determinación del contenido óptimo de asfalto para que la mezcla presente las propiedades estructurales necesarias y sea resistente a la acción del agua:

Una vez que se han determinado los fluidos de compactación, se moldean probetas con diferentes contenidos de asfalto y se someten a ensayos



mecánicos, siempre manteniendo el contenido total de agua o fluidos constante.

Las probetas se preparan con el compactador Marshall, con un compactador de amasado, con una compactación estática o una combinación de varios procedimientos.

Por ejemplo, en el método de Dybalski <sup>[23]</sup> las probetas se preparan usando el compactador Marshall o el compactador de amasado California, se someten a un curado parcial en el molde (48 horas a 60°C) y se vuelven a compactar con el doble pistón estático para finalmente evaluar una propiedad estructural. En el método desarrollado en Canadá por Murphy y Emery la recompactación se hace con el equipo Marshall <sup>[21]</sup>.

El objetivo de esta doble compactación es que las probetas representen al material después de haber transitado el tráfico por la carretera y tengan un contenido de vacíos similar al de los testigos extraídos de la obra.

El mismo curado parcial de 48 horas en el molde ha sido usado también por el método de Mc Conahaughy (sin la recompactación) para elaborar probetas representativas de la resistencia inicial de la mezcla, es decir, inmediatamente después de la compactación en la obra.

También existen otros tipos de curados para conseguir las propiedades finales antes de determinar las características mecánicas de la mezcla, por ejemplo, 3 días a 50 °C, 2 días a 60 °C, secado a temperatura ambiente <sup>[15][24]</sup>.

En cuanto a los ensayos estructurales más comunes suelen ser la estabilidad Marshall o Hveem, que en muchos casos se realizan a temperatura ambiente.

#### 4. Ensayos para evaluar la susceptibilidad al agua:

Algunos métodos de diseño de mezclas en frío especifican estos ensayos porque muchas veces el valor óptimo de asfalto en las emulsiones es más evidente en el caso de las probetas sumergidas en agua. En el caso de las mezclas en frío recicladas pueden incluir etapas adicionales para seleccionar las propiedades correctas de viscosidad o regeneración del ligante emulsificado <sup>[25]</sup>.

### 2.3.2. Compendio de los métodos de diseño de mayor difusión

Muchos de los métodos que se resumen a continuación se aplican a todo tipo de mezclas en frío, con variaciones a tener en cuenta según el tipo de mezcla. En este apartado sólo se hará referencia a las mezclas de tipo denso, objeto de estudio de esta tesis. Waller resumió los métodos de diseño más difundidos, especialmente en Estados Unidos, por lo que se presenta una breve descripción de cada uno de ellos [26].

Al igual que en el diseño de una mezcla asfáltica en caliente, los primeros pasos a seguir son la caracterización de los materiales y la selección del ligante, en este caso, la emulsión apropiada. Seguidamente, se buscan las proporciones de estos componentes de modo tal que se satisfagan una serie de propiedades: envuelta o grado de recubrimiento, resistencia.

#### Método del Asphalt Institute

En la Tabla 2.11 se presenta la recomendación de uso de las emulsiones asfálticas y asfaltos diluidos para la fabricación de los distintos tipos de mezclas en frío, proporcionada por el Asphalt Institute [27]. La nomenclatura de las emulsiones citadas en esta tabla se ha especificado en un apartado anterior, Tablas 2.9 y 2.10.

Tipo de Construcción			Asfaltos emulsificados								Asfaltos diluidos						
			Aniónicos					Catiónicos			Curado medio				Curado lento		
			MS-2 HFMS - 2	MS-2H HFMS - 2h	HFMS - 2 S	SS - 1	SS - 1h	CMS - 2	CMS - 2h	CCS - 1	CCS - 1h	70	250	800	3000	250	800
Mezclado en planta	Base y Superficies	Agregados con granulometría abiertas	X	X				X	X								
		Agregados bien graduados			X	X	X			X	X		X	X	X	X	X
	Bacheo uso inmediato				X	X			X	X		X	X		X		
	Bacheo apilamiento										X	X		X	X		
Mezclado en sitio	Base y Superficies	Agregados con granulometrías abiertas	X	X				X	X			X	X		X	X	
		Agregados bien graduados			X	X	X			X	X		X	X		X	
		Arena			X	X	X			X	X	X	X	X			
		Suelos arenosos			X	X	X			X	X		X	X			
	Bacheo uso inmediato			X	X	X			X	X		X	X		X		

Tabla 2.11 - Guía de empleo de ligantes para las mezclas en frío. Ref. [27]

Con respecto a los agregados, las propiedades más usuales a exigir son la distribución y la forma de las partículas, el tipo y el contenido de finos, tal como se muestra en las Tablas 2.12 y 2.13.

ENSAYO	Especificación (%)
Equivalente de arena	≥ 35% excepto granulometría F2 ≥ 30% F2
Caras fracturadas	≥ 65% excepto granulometría F2
Desgaste Los Ángeles	≤ 40%

F<sup>2</sup>: granulometría especificada en la Tabla 2.13 y en su pie.

Tabla 2.12 - Especificaciones de los agregados. Ref. [27]

Tamiz (mm)	Porcentaje por peso pasando la malla estándar (%)					
	A1	B1	C1	D1	E1	F2
50.00	100					-
37.50	90 - 100	100				100
25.00	-	90 - 100	100			80 - 90
19.00	60 - 80	-	90 - 100	100		-
12.50	-	60 - 80	-	90 - 100	100	-
9.500	-	-	60 - 80	-	90 - 100	-
4.750	20 - 55	35 - 60	35 - 65	45 - 70	60 - 80	25 - 85
2.360	10 - 40	15 - 45	20 - 50	25 - 55	35 - 65	-
0,300	2 - 16	3 - 18	3 - 20	5 - 20	6 - 25	-
0,075	0 - 5	1 - 7	2 - 8	2 - 9	2 - 10	3 - 15

1: Agregado triturado.

2: Agregado con proceso de semi-triturado, de cantera o de río.

Tabla 2.13 - Granulometrías para mezclas densas en frío. Ref. [27]

Seguidamente se emplea el ensayo de equivalente centrífugo de kerosén para estimar el contenido de asfalto en la emulsión. Para evaluar la envuelta y la trabajabilidad se realiza un mezclado manual o mecánico y para determinar el contenido total de fluidos de compactación (emulsión, agua y humedad de los áridos) se fabrican probetas con una carga estática o mediante amasado, empleando diferentes contenidos de agua y buscando el porcentaje que maximice la densidad.

Según la utilidad que va a tener la mezcla, es decir, en función de la capa donde se

va a colocar, el método establece diferentes tiempos de curado (de 3 a 4 días). En todos los casos se determinan las densidades y se calculan los volúmenes de vacíos en mezcla y en agregados. Para caracterizar las mezclas se usa el estabilómetro y el cohesiómetro Hveem y se calcula la resistencia determinando la resistencia R o la estabilidad S y la cohesión C.

Propiedad Valor mínimo	Curado	Capa	
		Base o rodamiento temporal	Rodamiento
Resistencia R a 23°C	Temprano (a) Total con inmersión en agua (b)	70 78	-
Estabilidad S a 23°C		-	30
Cohesión C a 23°C	Temprano (a) Total con inmersión en agua (b)	50 (c) 100 (c)	- -
Cohesión C a 60°C		-	100
Envuelta (%)		50	75

- a. Curado en el molde durante 24 horas a 23 °C ± 3 °C.
- b. Curado en el molde durante 72 horas a 23 °C ± 3°C más 4 días de secado al vacío a una presión de 10-20 mm Hg.
- c. Aplicable a capas de rodamiento temporales.

Tabla 2.14 - Especificaciones método del Asphalt Institute

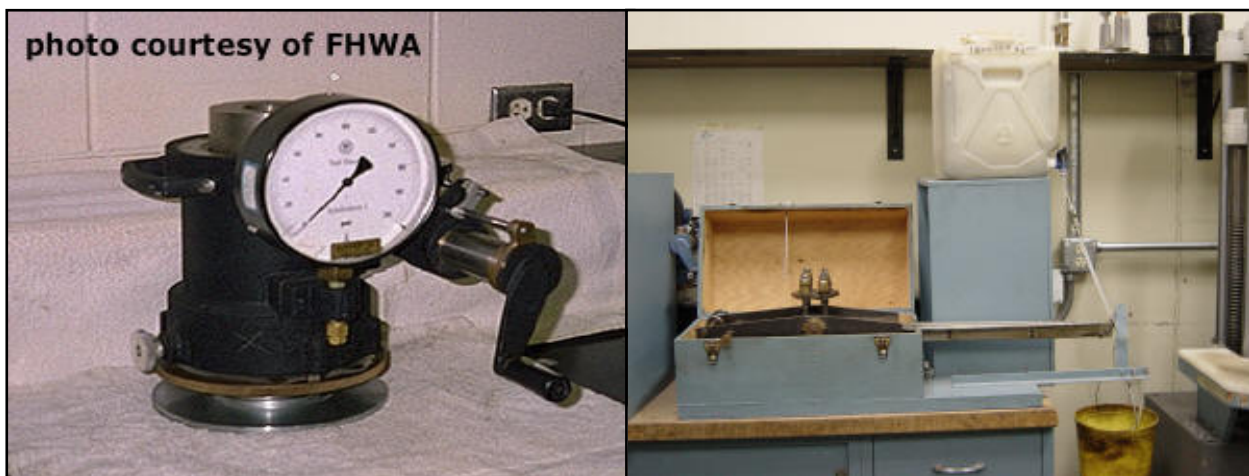


Figura 2.10 - Estabilómetro y Cohesiómetro Hveem

### Método de Illinois

Este método fue desarrollado en la Universidad de Illinois, con la colaboración del Departamento de Transporte de Illinois y la FHWA. Se basa en el ensayo Marshall y en un ensayo de resistencia a la acción del agua. Tanto el método como los criterios recomendados se aplican a mezclas para capas de base y en carreteras de bajo volumen de tráfico.

Se determina el contenido de emulsión y agua de mezclado mediante un ensayo de envuelta. Se preparan probetas con distintos contenidos de humedad y se compactan en moldes Marshall, que son curadas durante 1 día en seco y ensayadas con la prensa para conocer su estabilidad Marshall modificada.

La susceptibilidad al agua de la mezcla se evalúa sometiendo una serie de probetas a un ensayo de inmersión en agua durante 4 días. El contenido óptimo de asfalto se selecciona como el porcentaje al cual la mezcla satisface los criterios especificados en la Tabla 2.15.

El contenido de asfalto residual se calcula como:

$$R = 0,00138 A \cdot B + 6,358 \cdot \log_{10} C - 4,655$$

Donde:

R: porcentaje en peso de asfalto residual respecto al peso de los agregados

A: porcentaje de agregado retenido en el tamiz N° 4 (4,75 mm)

B: porcentaje de agregado que pasa el tamiz N° 4 (4,75 mm) y es retenido por el tamiz N° 200 (0,074 mm)

C: porcentaje de agregado que pasa el tamiz N° 200 (0,074 mm)

El contenido inicial de agua se determina según el tipo de emulsión: si es aniónica se puede comenzar sin añadir agua y si es catiónica, se suele requerir un contenido mayor de agua, normalmente alrededor del 3 %.

Antes de la compactación, la mezcla se coloca en una bandeja de aireación que se introduce en un horno a  $39 \pm 3$  °C. La mezcla se tiene que remover cada 15 minutos hasta que la pérdida de peso varíe en menos de 20 gramos. Entonces la mezcla se enfría a  $22 \pm 1,7$  °C y se sigue removiendo hasta que la pérdida de peso sea completa. En ese momento la mezcla está lista para ser compactada, se coloca en el

molde Marshall y se compacta con 75 golpes por cara. Las probetas se curan a  $22 \pm 1,7$  °C en el mismo molde por un período de 24 a 72 horas. Se extraen las probetas de los moldes y se ensayan con la prensa Marshall a la misma velocidad del procedimiento habitual, 50,8 mm/min hasta la rotura. Un grupo de probetas se sumerge durante 48 horas por uno de sus extremos en un baño de agua a 22° C hasta cubrirla con agua 25 mm y después se ensayan igual que el primer grupo. Se grafican las siguientes propiedades: estabilidad seca versus humedad de compactación, estabilidad seca y húmeda, densidad, vacíos y pérdida de estabilidad versus contenido de asfalto residual.

Propiedad	Mínimo	Máximo
Estabilidad (N) a 22°C	2.224	-
Vacíos totales (%)	2	8
Pérdida de estabilidad (%) 4 días inmersión a 22°C	-	50
Agua absorbida (%) 4 días de inmersión a 22°C	-	4
Envuelta (%)	50	-

Tabla 2.15 - Especificaciones método de Illinois

### Método Chevron

Este método, al igual que los anteriores, incluye la selección, la composición y el ensayo de los componentes y la mezcla. Los ensayos que emplea para determinar la dosificación son el estabilómetro y el cohesiómetro Hveem.

El procedimiento comienza determinando el contenido de emulsión con el ensayo de equivalente centrífugo de kerosén, fabricando mezclas con una compactación por impacto en primer lugar (10 a 50 golpes que aplican  $1,725 \text{ kN/m}^2$ ) seguido de una compactación estática de doble efecto de 178 kN para determinar la densidad máxima.

Para evaluar el efecto del curado, algunas probetas se curan en el molde dejándolo en posición horizontal durante 24 horas a una temperatura de 23 °C y otras se quitan del molde y se saturan al vacío por una hora para simular el efecto de una exposición prolongada al agua superficial y al desgaste en capas de rodamiento. Se ensayan las probetas con el estabilómetro y el cohesiómetro Hveem, de los que se

obtienen los valores de los parámetros R, S y C. Los valores especificados que deben cumplir las mezclas para poder ser empleadas se presentan en la Tabla 2.16.

Propiedad Valor mínimo	Capa	
	De base o de rodamiento temporal	De rodamiento
Envuelta	50	75
Resistencia R a 23°C – curado inicial – (a)	70	-
Resistencia R a 23°C – curado final (b) e inmersión en agua (c)	78	-
Estabilidad S a 60°C, curado final (b)	-	30
Cohesión C a 23°C, curado inicial (a), (d)	50	-
Cohesión C a 23°C, curado final (b) más inmersión en agua (c), (d)	100	-
Cohesión C a 60°C, curado final (b)	-	100

- a Curado en el molde durante 24 horas a 23 °C ± 3 °C.
- b Curado en el molde durante 72 horas a 23 °C ± 3 °C más 4 días de secado al vacío a una presión de 10-20 mm Hg.
- c Saturación al vacío a 100 mm Hg.
- d Sólo se aplica a capas de rodamiento temporales.

Tabla 2.16 - Parámetros especificados por el método Chevron para el diseño de mezclas

### Método del US Forest Service

Este método también utiliza el ensayo de equivalente centrífugo de kerosén para determinar las proporciones de agregados, emulsión y agua que permitan obtener una mezcla trabajable. Con estas proporciones se fabrican probetas con un compactador de amasado y se ensayan a tracción indirecta.

La cantidad de agua añadida para el mezclado debe ser la suficiente para oscurecer el agregado uniformemente mientras se mezclan ambos componentes, entonces se añade la emulsión y se mezcla durante 30 segundos, al cabo del cual se registra la trabajabilidad discriminándola según buena, regular o mala.

Después de 24 horas de curado se evalúa la envuelta y se define como delgada, moderada o gruesa, y se estima el porcentaje de agregado recubierto.

Se fabrican probetas con distintos contenidos de agua, manteniendo constante el contenido de emulsión, buscando el menor contenido de agua con el cual la mezcla

tiene una trabajabilidad aceptable, que es definida mediante un 90 % de la superficie de los agregados cubierta y con una envuelta entre moderada y gruesa. Estas probetas se curan por secado en estufa durante 24 horas a 49 °C: la mitad de las probetas se ensayan a tracción indirecta en estado seco y la otra mitad después de haber sido sumergidas 24 horas en agua. Se grafican los resultados de la resistencia en seco, en húmedo, la resistencia conservada (cociente entre la resistencia húmeda y la seca) y la densidad seca versus el contenido de emulsión.

### **Método de la Región 10 de la Federal Highway Administration**

El procedimiento de la FHWA para mezclas densas parte del equivalente centrífugo de kerosén. Manteniendo el contenido de emulsión constante y variando el contenido de agua se fabrican probetas con un contenido mínimo de agua de 3 % y usando el compactador de amasado.

Permite usar diferentes métodos de curado, pero en cualquier caso, todos deben realizarse a 23 °C. Las probetas curadas se ensayan a módulo resiliente, estabilómetro y cohesiómetro de Hveem.

### **Método Armak**

La compañía Armak desarrolló un método de diseño basado en el ensayo Marshall, ASTM D1559. Para usar este método, los agregados (cuyo tamaño máximo no puede superar el tamiz 12,5 mm) se deben secar previamente a temperatura ambiente hasta tener aproximadamente 1 % de humedad. Mediante el ensayo de compactación Proctor Normal AASHTO T99 se compactan las probetas y se determina el contenido óptimo de agua. Se fabrican probetas con un contenido de humedad entre la óptima + 3 % y la óptima - 1 %, con contenidos de emulsión variables. Las probetas se dividen en 5 grupos:

- Un grupo de probetas se ensaya a temperatura ambiente inmediatamente después de la compactación.
- Un segundo grupo se deja curar a temperatura ambiente por 24 horas y después se ensayan a 38 °C.
- Un tercer grupo de probetas es curado a temperatura ambiente durante 24 horas, sumergidas en un baño de agua a 38 °C durante 2 horas, secados superficialmente con papel absorbente y ensayado a 38 °C si



la mezcla se va a usar en una capa de base y a 60 °C si se usará en la capa superficial.

- Un cuarto grupo de probetas curadas durante 72 horas a temperatura ambiente se ensaya a 38 °C si la mezcla se usará en una capa de base y a 60 °C si se colocará como capa de rodamiento.
- Un quinto grupo de probetas es curado durante 72 horas, luego sumergido en agua a 38 °C durante 2 horas y secado superficialmente. Al igual que los 2 grupos anteriores, las probetas se ensayan a 38 °C cuando las mezclas irán en una capa de base y a 60 °C cuando se colocarán en una capa de rodadura.

### **Método Mc Connaughay**

Mc Connaughay Inc., de Lafayette, estado de Indiana, tiene un método para el diseño de mezclas en frío, y puede usar tanto el ensayo Hveem como el Marshall.

Este método consiste en determinar la emulsión apropiada y su contenido para conseguir un correcto recubrimiento y una resistencia al efecto del agua adecuada, usando el ensayo de envuelta y el de resistencia al agua ASTM D244.

El siguiente paso es fabricar probetas con las proporciones obtenidas, usando el método de compactación acorde con el ensayo que se realizará posteriormente.

Las probetas se extraen de sus moldes y para proceder a su curado se colocan sobre una base perforada en una estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 horas.

Cuando las probetas se sacan de la estufa, y estando aún a 60 °C, se les aplica una carga estática de 178 kN. Finalmente se ensayan según el ensayo Hveem o Marshall.

### **Método Purdue**

Una investigación realizada por la Universidad de Purdue en cooperación con la Comisión de carreteras del estado de Indiana y la FHWA desarrolló un método para diseñar mezclas tratadas con emulsión (AETM, asphalt-emulsión-treated mixtures).

Factores tales como la facilidad de envuelta, la trabajabilidad, el curado y la humedad retenida en la mezcla antes y después de la compactación, fueron considerados para finalmente ensayar las mezclas con el ensayo Marshall.

Este método incorpora dos nuevos conceptos: la rigidez Marshall, determinada por el cociente entre la estabilidad y la fluencia y el índice Marshall, representado por la pendiente de la porción lineal de la curva carga-deformación del ensayo.

Posteriormente al mezclado se somete a la mezcla a un proceso de curado en estufa de aire forzado a 60 °C durante 1 hora, después de la cual se realiza un remezclado.

Seguidamente la mezcla se compacta con 50 golpes por cara en los moldes Marshall y al desmoldar las probetas se dejan curar a temperatura ambiente (22 °C) durante un tiempo que varía. Las probetas se dejan curar 3 días en horno a 49 °C y después se ensaya un grupo de ellas con la prensa Marshall, mientras que otro se sumerge en agua a 22 °C antes de ensayarlo para evaluar la susceptibilidad al agua de las mezclas.

Este estudio analizó el efecto de distintos períodos de curado y se llegó a la conclusión de la importancia de evaluar el comportamiento de las mezclas con 2 períodos de curado, intentando representar de este modo la condición de curado inicial y curado a largo plazo.

Este método demostró que una mezcla con una alta estabilidad merma su resistencia a la acción del agua, por lo que el diseño final debe balancear los requerimientos de estabilidad y durabilidad, evaluando las propiedades de la mezcla tanto en vía seca como en húmeda.

### **2.3.3. Estudios realizados para optimizar los métodos de diseño más utilizados**

Puzinauskas y Jester llevaron a cabo un análisis de dos métodos de diseño, el del Asphalt Institute y el de Illinois, resumiendo que ambos métodos consumen mucho tiempo para hacerlos, alrededor de 2 semanas, volviéndolos poco prácticos <sup>[16]</sup>.

Otros detalles señalados fueron:

- El método de Illinois no discrimina el tipo de agregado, lo que podría afectar el resultado de la mezcla.
- La compactación es muy diferente en ambos métodos.
- El curado y la inmersión en agua son diferentes, siendo el primero más riguroso en el Asphalt Institute.
- La determinación de la resistencia o estabilidad es distinta: el método del

Asphalt Institute usa un confinamiento triaxial y el de Illinois aplica una carga sobre probetas semiconfinadas para determinar la estabilidad Marshall.

Para comparar ambos procedimientos se prepararon 12 mezclas diferentes, 6 para ensayar siguiendo cada método. Las mezclas diferían entre sí por la granulometría del agregado y el contenido de agua de compactación:

Los diseños de mezclas usaban dos tipos de emulsiones: una emulsión CSS-1h y una modificada AE-BM para las mezclas con altos contenidos de finos, Tabla 2.17.

Los agregados estudiados eran 4, procedentes de Maryland y Virginia. Dos de ellos eran de origen calizo, mucho más finos los de Maryland. Los otros dos estaban formados por materiales silíceos: uno con gravas naturales y el otro con gravas trituradas. De este modo fue posible cubrir un rango amplio de granulometrías, gruesas, medias y finas, tal como se aprecia en la Figura 2.11.

Mezcla	Agregado	Emulsión	Contenido de agua [%]	
			Univ. de Illinois	Asphalt Institute
1	Calizo de Maryland	CSS-1h	4,8	5,3
2	Grava silícea de Maryland, arena y filler	CSS-1h	3,3	5,6
3	Grava silícea triturada de Maryland arena y filler	CSS-1h	4,7	6,9
4	Calizo de Maryland	AE-BM	5,6	5,9
5	Calizo de Virginia	AE-BM	3,8	5,3
6	Calizo de Maryland	AE-BM	5,6	5,9

Tabla 2.17 - Componentes de las mezclas estudiadas

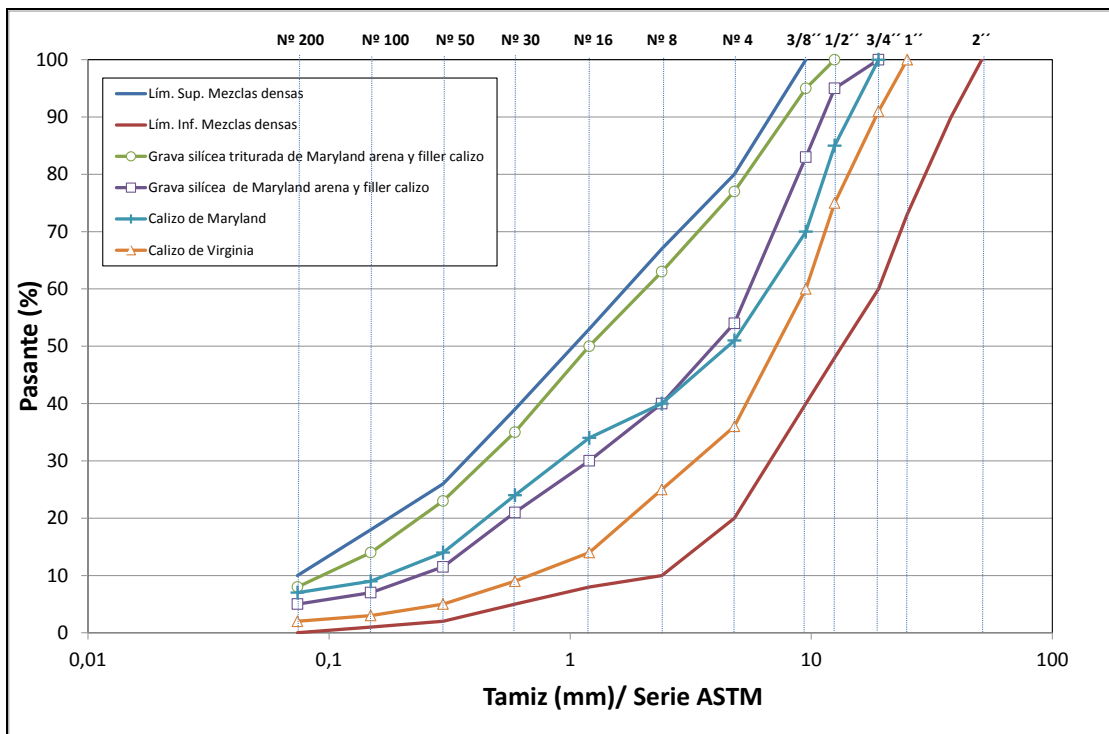


Figura 2.11 - Granulometría de los agregados usados en el estudio llevado a cabo por Puzinauskas y Jester. Fuente: elaboración propia a partir de datos extraídos de la Ref. [16]

Tal como se verá a continuación, los resultados mostraron que era muy difícil establecer un contenido óptimo de emulsión en ambos métodos.

**Análisis del método del Asphalt Institute:**

Cada probeta cumplió el criterio de un valor R mínimo de 70 en mezclas para capas de base o rodaduras temporales y una cohesión C mínima de 50 para la condición de curado temprano, así como un valor R mínimo de 78 y una cohesión C de 100 para las probetas saturadas al vacío. Los resultados mostraron que hasta el menor contenido de emulsión cumplía todos estos requisitos. Se observaron casos en los que un contenido de emulsión que cumplía el mínimo R no correspondía a la máxima densidad, por lo que tampoco se aceptó como válido este criterio.

Se muestran los resultados obtenidos con las mezclas elaboradas con el mismo agregado calizo de Maryland que se usó para el diseño según el método Illinois, en las Figuras 2.12 y 2.13.

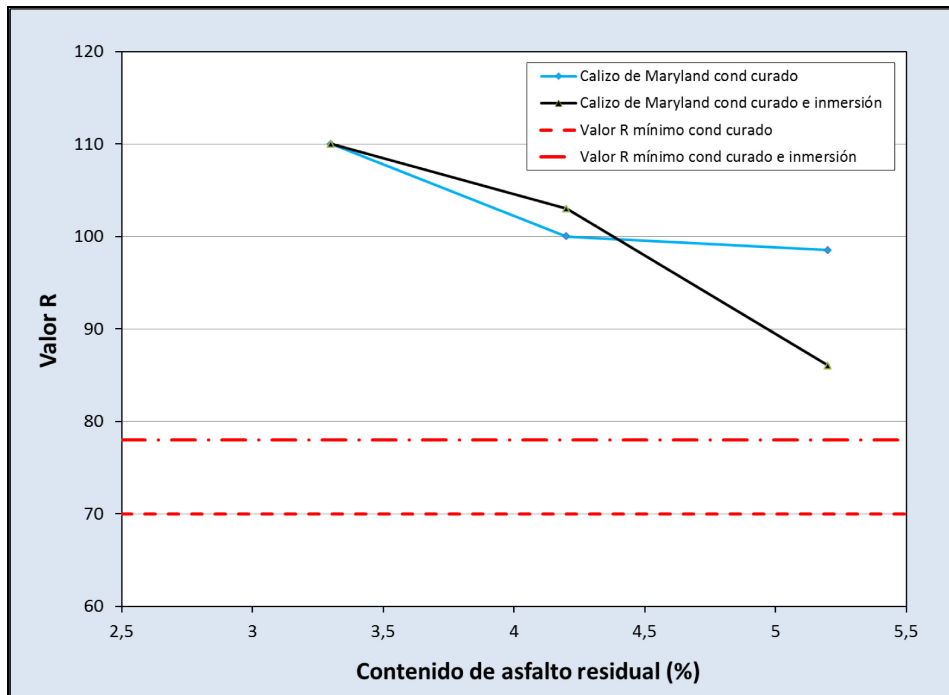


Figura 2.12 - Valores de Resistencia R obtenidos, aplicando el método de diseño del Asphalt Institute. Fuente: elaboración propia a partir de datos extraídos de la Ref.<sup>[16]</sup>

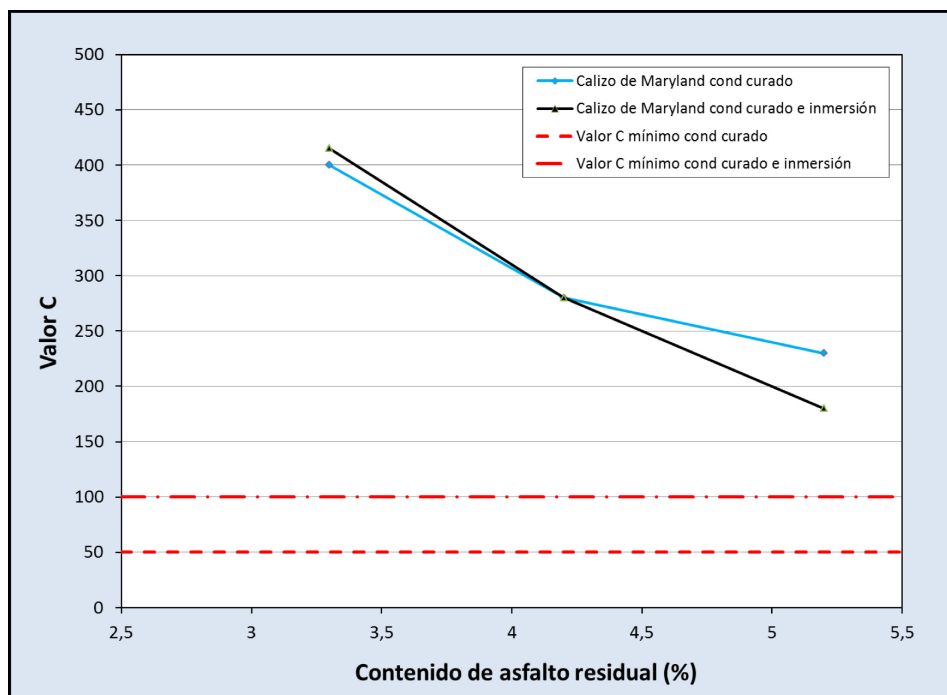


Figura 2.13 - Valores de cohesión C obtenidos aplicando el método de diseño del Asphalt Institute. Fuente: elaboración propia a partir de datos extraídos de la Ref.<sup>[16]</sup>

### Análisis del método de Illinois:

Para seleccionar el contenido de emulsión hay que considerar la máxima estabilidad tras inmersión y a veces no se puede apreciar un valor máximo en la variación de este parámetro o la estabilidad aumenta a medida que el contenido de ligante residual decrece, que es lo que ocurre usualmente cuando las probetas se ensayan en seco.

El método de Illinois también especifica un contenido total de vacíos entre el 2 % y el 8 %, sin embargo la mayoría de las mezclas diseñadas siguiendo los criterios fijados, superaban el 8 % de vacíos.

Con respecto al criterio de estabilidad mínima de 2.224 N, no hubo problemas en cumplirlo, al igual que la cobertura mínima del agregado del 50%. En los 6 diseños estudiados, sólo una vez no se cumplió el requerimiento de absorción máxima de agua del 4 %, y también una vez el máximo de estabilidad tras inmersión corresponde a un valor inferior al 50 % de estabilidad conservada. Por estas razones se llegó a la conclusión que la utilidad del método es cuestionable.

A modo de ejemplo, se presentan los resultados obtenidos con las mezclas fabricadas con el agregado calizo de Maryland, en las Figuras 2.14, 2.15, 2.16 y 2.17

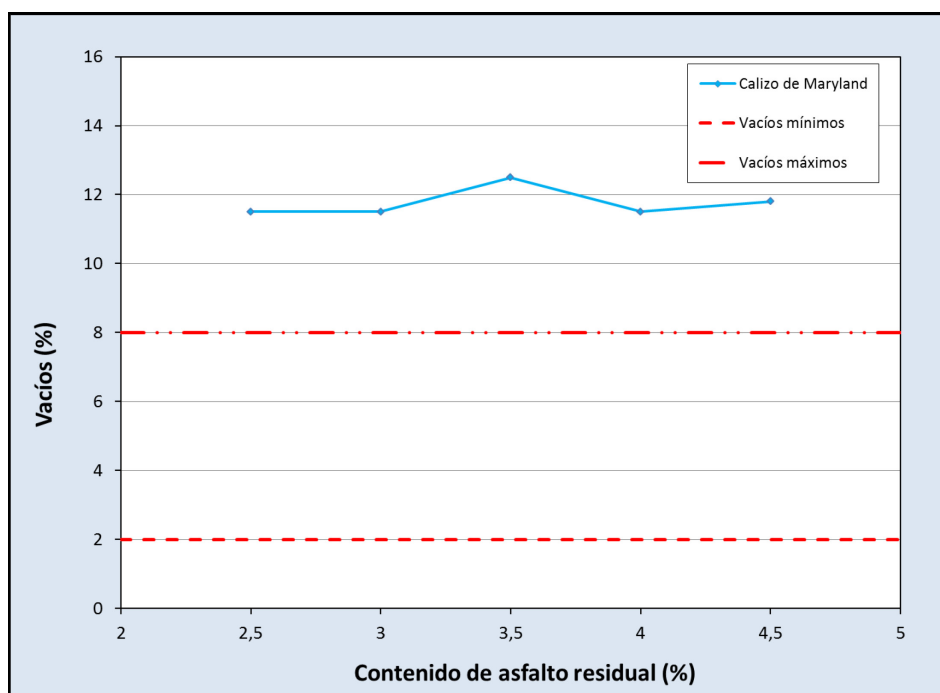


Figura 2.14 - Valores de Vacíos obtenidos aplicando el método de diseño de Illinois. Fuente: elaboración propia a partir de datos extraídos de la Ref.<sup>[16]</sup>

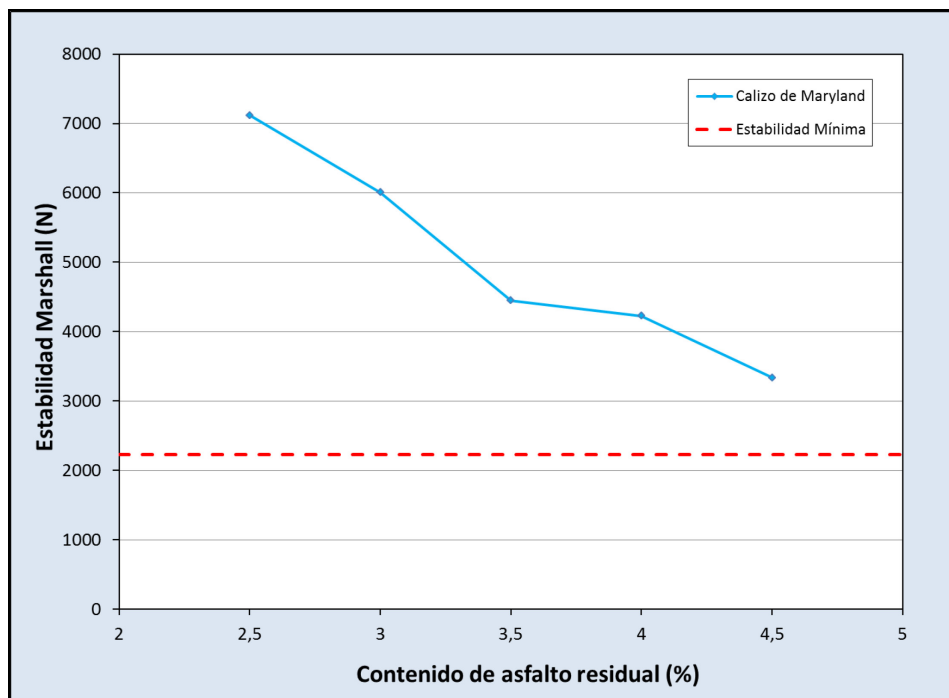


Figura 2.15 - Valores de Estabilidad Marshall obtenidos aplicando el método de diseño de Illinois. Fuente: elaboración propia a partir de datos extraídos de la Ref.<sup>[16]</sup>

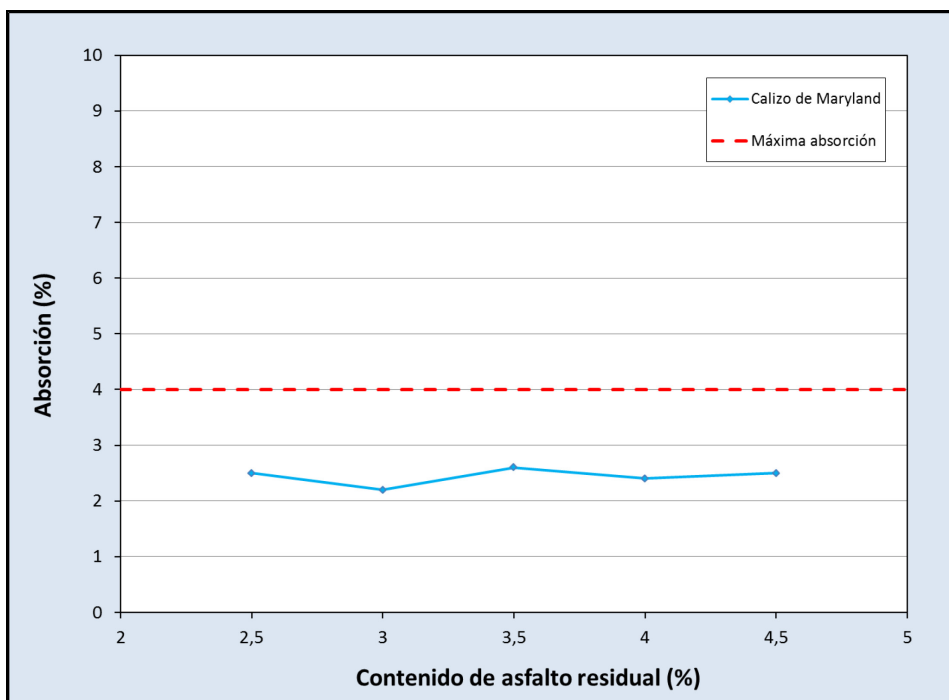


Figura 2.16 - Valores de Absorción obtenidos aplicando el método de diseño de Illinois. Fuente: elaboración propia a partir de datos extraídos de la Ref.<sup>[16]</sup>

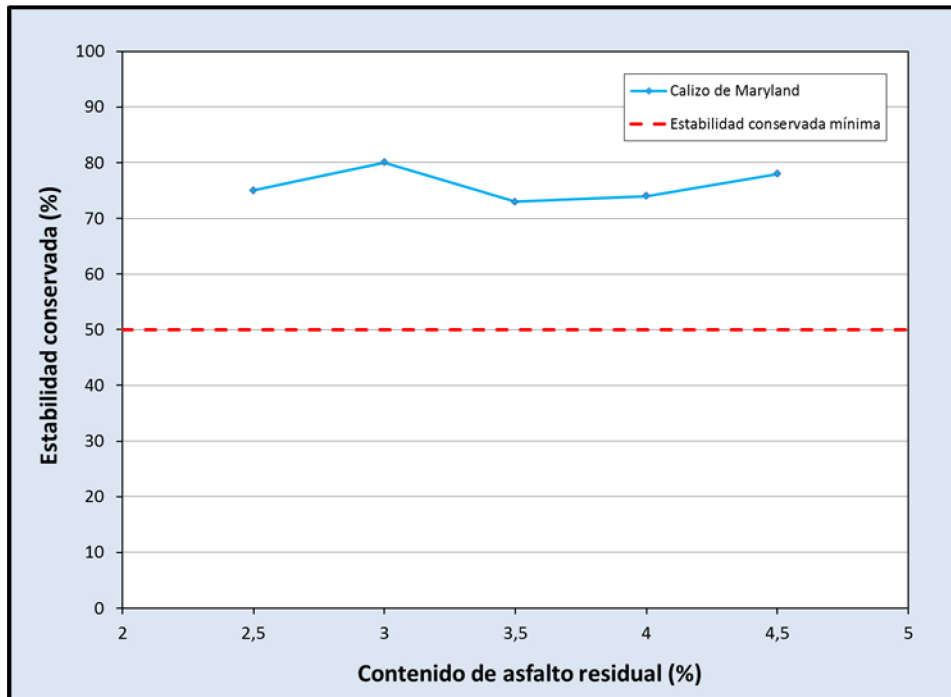


Figura 2.17 - Valores de Estabilidad Conservada obtenidos aplicando el método de diseño de Illinois. Fuente: elaboración propia a partir de datos extraídos de la Ref.<sup>[16]</sup>

En resumen, ambos métodos resultaron objetables y en consecuencia se propusieron algunas modificaciones, tal como se describe en el apartado siguiente.

### Modificaciones estudiadas para optimizar los métodos de Illinois y del Asphalt Institute

El estudio resumido anteriormente demostró que ambos métodos no resultaban suficientes para determinar el contenido óptimo de emulsión ni de agua. Además, la larga duración que conllevan estos métodos también los hace muy cuestionables, porque ambos someten a las probetas a extensos períodos de curado e inmersión en agua. Como consecuencia, y con objeto de evaluar otros posibles parámetros a usar en la determinación del contenido óptimo de emulsión, a la vez que buscar métodos más rápidos y eficientes, se investigaron posibles modificaciones en el tiempo de curado y el acondicionamiento húmedo de las probetas.

En el caso del método del Asphalt Institute, se estudiaron los parámetros obtenidos sobre probetas sometidas a diferentes condiciones de secado e inmersión en agua, variando los tiempos de exposición en cada caso. Las alternativas evaluadas fueron:



1. Después de la compactación, haciendo una extrusión inmediata de la mezcla, dejándola curar al aire a temperatura ambiente durante 1 día y después un secado al vacío durante 3 días (condición de referencia).
2. Dejando la mezcla durante un día en el molde a temperatura ambiente, después del cual se extrae del molde y se deja curar al aire durante 4 días.
3. Dejando la mezcla en el molde y sometiéndola inmediatamente a curado en horno a 39 °C durante 1 día, al cabo del cual se realiza una extrusión y un secado al vacío durante 4 días.
4. Dejando la mezcla durante 1 día en el molde a temperatura ambiente, extrusión y curado en horno a 49 °C durante 4 días.
5. Dejando la mezcla en el molde a temperatura ambiente durante 1 día, extrusión y curado al aire durante 1 día más un curado en horno a 49 °C durante 1 día.
6. Dejando la mezcla en el molde a temperatura ambiente durante 1 día, extrusión y curado al aire durante 9 días.

El acondicionamiento húmedo se propuso según los cuatro procedimientos que se describen a continuación:

1. Saturación al vacío de 1 hora e inmersión en agua durante 1 hora.
2. Inmersión en agua durante 1 día.
3. Humedecimiento por ascensión capilar durante 4 días por un solo extremo de las probetas.
4. Humedecimiento por ascensión capilar durante 4 días por ambos extremos de las probetas (para comparar con el acondicionamiento del método de Illinois).

Combinando estos tiempos de curado y tipos de acondicionamiento húmedo, se fabricaron probetas variando el contenido de asfalto residual (3 %, 3,5 % y 4 %). El estudio demostró que apenas había diferencias significativas entre los resultados de densidad y vacíos, aunque se apreciaba que las propiedades relacionadas con la resistencia incrementan cuando se usa el curado en estufa, especialmente en las probetas sometidas a inmersión en agua.

Entre las conclusiones obtenidas de este estudio, se destaca la sugerencia de cambiar el curado de 3 días en el molde seguido de 4 días de secado al vacío por 1 día en el molde a temperatura ambiente seguido de 1 día en estufa a 39 °C.

Mediante esta sustitución se ahorraría mucho tiempo y se obtendrían propiedades similares.

En cuanto a la determinación del contenido óptimo de emulsión, los resultados mostraron que los criterios especificados arrojaban contenidos de emulsión muy bajos.

Si se evaluaran, en cambio, otras propiedades de modo combinado, como estabilidad, densidad y máxima resistencia al agua, podrían diseñarse mezclas con un desempeño superior.

En el caso del método de la Universidad de Illinois, el estudio también planteó varias opciones con diferentes tiempos de curado y humedecimiento:

1. Dejando las probetas durante 3 días en el molde a temperatura ambiente (método de referencia, Illinois).
2. Dejando las probetas durante 1 día en el molde, extrusión y curado durante 1 día a temperatura ambiente.
3. Dejando las probetas durante 1 día en el molde, extrusión y curado durante 2 días a temperatura ambiente.
4. Dejando las probetas durante 1 día en el molde, extrusión y curado durante 1 día en estufa a 39 °C.
5. Dejando las probetas durante 1 día en el molde, extrusión y curado durante 1 día en estufa a 49 °C.
6. Dejando las probetas durante 1 día en el molde, extrusión y curado durante 2 días en estufa a 49 °C.

La exposición al agua también tuvo, al igual que en el caso del Asphalt Institute, cuatro procedimientos:

1. Humedecimiento por ascenso capilar durante 4 días (método de Illinois).
2. Saturación al vacío de 1 hora seguido de una inmersión en agua durante 1 hora.
3. Vacío en seco durante 1 hora, seguido de una inmersión en agua durante 1 día.
4. Inmersión en agua durante 1 día.

Al igual que en el caso anterior, se fabricaron probetas con diferentes contenidos de asfalto residual (3 %, 3,5 % y 4 %). Los resultados mostraron que las probetas curadas un día a 39 °C tenían un comportamiento similar al de las probetas de referencia (caso 1, dejando la mezcla durante 3 días en el molde). En cuanto al efecto del agua, también se encontraron resultados parecidos cuando las probetas se saturaron al vacío durante 1 hora y se sumergieron en agua durante 1 hora (caso 2). Por tanto, y con objeto de reducir los tiempos de ensayo, de este estudio surgió la propuesta de acortar el tiempo de curado y modificar el acondicionamiento en agua, reduciendo así el tiempo total de 7 días a 2 días.

Con respecto al diseño de las mezclas, los resultados evidenciaron que era muy difícil cumplir el criterio del contenido de vacíos dentro del rango de 2 % y 8 %, por lo que este estudio sugirió ignorarlo y aceptar mezclas con valores superiores al 8 %.

En cuanto a la definición del contenido de emulsión, se observó que muchas veces era imposible detectar valores máximos en la curva de estabilidad tras inmersión versus contenido residual de asfalto, por lo que se propuso diseñar las mezclas escogiendo la mejor combinación resultante de las estabilidades Marshall para las probetas curadas y las inmersas en agua, la estabilidad conservada y la densidad seca.

A pesar de estas propuestas sugeridas para ambos métodos, se observó que tampoco resultaba sencillo identificar la mejor dosificación de los componentes de la mezcla. La sugerencia más destacada de los autores de este extenso estudio consistió en tener en cuenta el requisito de durabilidad, enfatizando el análisis del efecto del agua en las propiedades mecánicas. Es decir, debería priorizarse una mezcla con baja estabilidad pero alta resistencia a la acción del agua frente a una mezcla con alta estabilidad pero con baja resistencia a la acción del agua.

Los resultados de este estudio se resumen en las Figuras 2.18 y 2.19.

Condiciones de Curado y Humedecimiento*	Asphalt Institute		Curado	Inmersión	Curado	Inmersión	Inmersión	Curado	Inmersión	Curado	Inmersión	Inmersión	Curado	Inmersión	Inmersión	Curado	
	Curado	Curado														Inmersión	Inmersión
	Inicial	final	(1)	(1)	(2)	(1)	(2)	(3)	(1)	(4)	(1)	(2)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)
A. Contenido de emulsión: 3%, contenido de asfalto residual: 2%																	
R	88,0	90,0	93,0	91,7	91,1	89,8	87,9	91,2	90,6	92,7	90,2	91,9	91,1	91,4	92,4	91,1	89,8
C	137	236	361	221	464	217	179	409	276	492	348	341	408	352	285	234	236
Rt	94,8	101,8	111,1	102,8	114,3	100,7	96,9	111,7	104,4	117,3	107,6	109,0	111,5	109,0	106,7	102,8	101,6
Contenido de agua (%)	1,17	4,40	0,26	4,10	0,25	4,51	3,45	0,52	3,96	0,07	4,26	2,40	0,21	4,07	2,49	2,14	2,37
Absorción de agua (%)	---	4,13	---	3,69	---	4,13	2,78	---	3,57	---	3,99	2,24	---	3,69	2,15	1,91	2,17
Densidad seca (lb/pie3)	146,8	147,6	147,0	148,0	146,6	147,5	146,5	146,2	148,9	147,9	147,9	148,1	147,0	148,6	147,8	---	---
VAM (%)	15,70	15,23	15,56	15,00	15,80	15,30	15,90	16,03	14,48	15,05	15,06	14,94	15,59	14,90	15,09	---	---
Vacios totales (%)	11,25	10,75	11,09	10,51	11,35	10,82	11,45	11,59	9,96	10,56	10,57	10,45	11,13	10,41	10,60	---	---
Vacios de aire (%)	8,55	0,57	10,50	0,98	10,78	0,36	3,51	10,39	0,69	10,40	0,67	4,88	10,64	0,94	4,82	---	---
B. Contenido de emulsión: 3,8%, contenido de asfalto residual: 2,5%																	
R	88,5	90,1	92,3	87,7	92,3	88,5	90,2	91,6	89,8	92,2	90,2	89,9	88,2	90,8	90,0	88,1	88,7
C	164	267	389	158	545	201	230	371	299	402	392	394	350	312	291	229	236
Rt	96,8	103,5	111,8	95,6	119,6	98,6	101,7	110,2	104,8	112,3	109,8	109,6	105,7	106,4	104,6	99,6	100,5
Contenido de agua (%)	0,94	3,84	0,23	3,84	0,34	4,22	3,01	0,26	3,46	0,16	4,08	2,52	0,15	4,07	2,68	2,14	2,38
Absorción de agua (%)	---	3,60	---	3,42	---	3,63	2,66	---	3,08	---	3,81	2,31	---	3,78	1,67	1,97	2,16
Densidad seca (lb/pie3)	147,0	148,6	147,5	147,6	148,0	147,3	147,6	146,8	149,7	148,3	147,8	148,4	146,9	147,7	148,7	---	---
VAM (%)	16,03	15,11	15,77	15,70	15,43	15,87	15,70	16,15	14,47	15,28	15,59	15,24	16,09	15,61	15,05	---	---
Vacios totales (%)	10,38	9,40	10,10	10,03	9,74	10,21	10,03	10,51	8,72	9,58	9,91	9,53	10,45	9,93	9,34	---	---
Vacios de aire (%)	8,22	0,49	9,57	1,18	8,95	0,50	3,09	9,90	0,63	9,21	0,48	3,69	10,11	0,54	3,12	---	---
C. Contenido de emulsión: 4,6%, contenido de asfalto residual: 3,1%																	
R	87,2	87,0	92,1	87,2	90,0	85,1	87,9	91,7	90,3	92,3	91,9	90,6	88,8	89,3	87,1	89,5	90,3
C	248	246	375	208	370	206	210	444	263	515	392	395	546	381	271	267	257
Rt	99,6	99,4	110,9	97,6	108,5	95,4	98,4	113,9	103,5	118,1	111,5	110,4	116,1	108,4	100,7	102,9	103,2
Contenido de agua (%)	0,97	3,86	0,31	3,47	0,36	3,83	2,83	0,66	3,29	0,13	3,65	2,50	0,21	3,75	2,58	2,34	2,29
Absorción de agua (%)	---	3,33	---	2,96	---	3,44	2,47	---	2,84	---	3,41	2,26	---	3,40	2,18	2,14	2,09
Densidad seca (lb/pie3)	147,4	147,1	147,0	147,3	146,4	147,5	145,9	147,1	148,8	148,1	148,0	146,9	148,2	147,7	147,7	---	---
VAM (%)	16,23	16,39	16,45	16,25	16,81	16,15	17,09	16,41	15,42	15,81	15,88	16,52	15,77	16,06	16,06	---	---
Vacios totales (%)	9,39	9,55	9,62	9,41	10,01	9,31	10,32	9,59	8,52	8,93	9,01	9,70	8,89	9,20	9,21	---	---
Vacios de aire (%)	7,17	0,72	8,92	1,45	9,19	0,53	3,91	8,08	0,90	8,63	0,60	4,00	8,41	0,60	3,29	---	---

\*Curado:

Inicial: 1 día en el molde

Final: 3 días en el molde, extrusión, 4 días secado al vacío (seguido de una hora de saturación en vacío y una hora de inmersión en agua)

- (1) Extrusión inmediata, 1 día de curado a temperatura ambiente, 3 días de secado al vacío
- (2) Un día en el molde, extrusión, 4 días a temperatura ambiente
- (3) Un día en el molde a 38°C, extrusión, 4 días secado al vacío
- (4) Un día en el molde, extrusión, 4 días a 49°C
- (5) Un día en el molde, extrusión, un día a temperatura ambiente, un día a 49°C
- (6) Un día en el molde, extrusión, 9 días a temperatura ambiente

\*Acondicionamiento en agua:

- (1) Una hora de saturación al vacío, una hora de inmersión en agua
- (2) Un día de inmersión en agua
- (3) Cuatro días de humedecimiento capilar en un solo extremo
- (4) Cuatro días de humedecimiento capilar en ambos extremos (Método de la Univ. De Illinois)

Figura 2.18 - Efecto del tiempo de curado y de la inmersión en agua sobre las propiedades Hveem de mezclas densas con agregado calizo de Virginia y emulsión tipo CSS-1h. Compactación estática de 40000 libras a doble pistón. Contenido de fluidos totales: 5,31%.

Fuente: elaboración propia a partir de la Ref. [16]

Condiciones de Curado y Humedecimiento*	Curado (1)	Inmersión (1)	Curado (2)	Inmersión (2)	Curado (3)	Inmersión (2)	Curado (4)	Inmersión (2)	Curado (5)	Inmersión (2)	Inmersión (3)	Inmersión (4)	Curado (6)	Inmersión (2)
A. Contenido de emulsión: 4,5%, contenido de asfalto residual: 3%														
R	79,8	75,0	82,2	78,0	82,8	62,0	79,0	71,5	77,3	76,7	85,2	83,3	81,8	79,2
C	174	86	169	87	262	101	238	114	170	122	119	150	247	134
Rt	88,5	79,3	90,7	82,4	95,9	67,1	90,9	77,2	85,8	82,8	91,2	90,8	94,2	85,9
Estabilidad Marshall (lbs)**	2548	1202	2578	1340	4122	1517	4161	1744	4138	2122	2222	2009	4425	2218
Contenido de agua (%)	0,54	3,44	0,46	4,36	0,27	4,88	0,27	4,84	0,17	4,67	4,43	3,54	0,08	4,20
Absorción de agua (%)	---	2,91	---	3,81	---	4,40	---	4,32	---	4,42	4,31	3,43	---	3,98
Densidad seca (lb/pie <sup>3</sup> )	142,1	140,2	143,6	143,4	141,3	143,0	140,8	142,8	142,1	143,8	144,5	142,4	143,5	143,4
VAM (%)	19,22	20,36	18,42	18,53	19,69	18,71	20,00	19,10	19,25	18,25	17,86	19,06	18,44	18,47
Vacios totales (%)	12,75	13,98	11,98	12,00	13,25	12,20	13,59	12,31	12,78	11,70	11,28	12,57	11,90	11,93
Vacios de aire (%)	11,56	6,47	10,86	2,27	12,65	1,35	13,01	1,55	12,41	1,25	1,32	4,73	11,72	2,56
B. Contenido de emulsión: 5,2%, contenido de asfalto residual: 3,5%														
R	79,7	76,1	76,8	75,3	80,0	69,8	76,7	66,0	76,3	79,1	81,8	79,4	81,5	82,5
C	124	85	129	56	207	75	152	83	168	104	110	127	230	134
Rt	85,9	80,4	83,3	78,1	90,4	73,6	84,3	70,2	84,7	84,3	87,3	85,8	93,0	89,2
Estabilidad Marshall (lbs)**	1402	1484	1558	1238	4065	1654	3518	1539	3591	1558	1904	1853	3666	2223
Contenido de agua (%)	0,59	2,81	0,52	4,06	0,75	4,66	0,34	4,66	0,26	4,76	4,45	3,08	0,11	4,19
Absorción de agua (%)	---	2,22	---	3,46	---	4,20	---	4,27	---	4,44	4,36	2,78	---	4,02
Densidad seca (lb/pie <sup>3</sup> )	142,5	141,5	142,2	142,6	141,0	141,3	141,0	142,4	141,1	141,9	143,7	142,0	142,5	144,2
VAM (%)	19,51	20,02	19,59	19,36	20,26	20,12	20,27	19,45	20,21	19,74	18,73	19,67	19,41	18,44
Vacios totales (%)	11,98	12,54	12,08	11,82	12,81	12,64	12,81	11,93	12,75	12,24	11,14	12,16	11,88	10,81
Vacios de aire (%)	10,69	6,40	10,94	2,85	11,18	2,44	12,06	1,66	12,17	1,78	1,24	5,39	11,65	1,45
C. Contenido de emulsión: 6%, contenido de asfalto residual: 4%														
R	80,4	71,5	75,0	76,0	79,2	76,0	74,0	71,8	76,4	79,3	75,6	78,2	77,4	81,9
C	188	101	132	79	168	82	139	92	149	114	142	128	209	158
Rt	89,8	76,6	81,6	80,0	87,6	80,1	81,0	76,4	83,9	85,0	82,7	84,6	87,9	89,8
Estabilidad Marshall (lbs)**	1906	1169	2087	1241	2873	1580	2370	1266	2284	1785	1853	2081	3494	2194
Contenido de agua (%)	0,60	2,43	0,51	3,90	0,41	4,32	0,35	4,64	0,15	4,60	4,18	2,38	0,10	4,16
Absorción de agua (%)	---	1,83	---	3,07	---	3,83	---	4,12	---	4,32	4,06	2,11	---	4,05
Densidad seca (lb/pie <sup>3</sup> )	143,1	141,0	141,5	141,4	141,6	142,1	140,8	141,1	140,8	142,0	143,8	142,5	140,5	143,2
VAM (%)	19,48	20,63	20,36	20,42	20,28	19,98	20,76	20,59	20,78	20,10	19,07	19,80	20,92	19,40
Vacios totales (%)	10,88	12,15	11,85	11,92	11,77	11,43	12,30	12,11	12,32	11,56	10,42	11,23	12,47	10,78
Vacios de aire (%)	9,56	6,87	10,73	3,43	10,87	1,98	11,53	2,02	12,00	1,49	1,17	6,01	12,26	1,60

\*Curado:

- (1) Tres días en molde (método de la Univ. Illinois)
- (2) Un día en molde, extrusión, un día a temperatura ambiente
- (3) Un día en molde, extrusión, dos días a temperatura ambiente
- (4) Un día en molde, extrusión, un día a 38°C
- (5) Un día en molde, extrusión, un día a 49°C
- (6) Un día en molde, extrusión, dos días a 49°C

\*Acondicionamiento en agua:

- (1) Cuatro días de humedecimiento capilar en ambos extremos (Método de la Univ. De Illinois)
- (2) Una hora de saturación al vacío, una hora de inmersión en agua
- (3) Una hora en seco, al vacío, una hora de inmersión en agua
- (4) Un día de inmersión en agua

\*\*La estabilidad Marshall medida después de determinar R y C

Figura 2.19 - Efecto del tiempo de curado y de la inmersión en agua sobre las propiedades de probetas Marshall en mezclas densas con agregado calizo de Maryland y emulsión tipo CSS-1h. Compactación impacto con 75 golpes por cara. Contenido de agua: 5,6 %.

Fuente: elaboración propia a partir de la Ref. [16]

#### **2.3.4. Consideraciones finales**

En el apartado 2.3 se han recogido los métodos de diseño para mezclas densas en frío desarrollados durante el siglo XX y que no han variado sustancialmente en lo que va del presente siglo y se han evaluado en profundidad los más difundidos: Asphalt Institute e Illinois. Se han presentado las dificultades encontradas a la hora de diseñar estas mezclas, tanto desde el punto de vista técnico, puesto en evidencia a través de la diversidad de parámetros propuestos y la falta de consenso para establecer el más adecuado, como desde el punto de vista operativo, considerando la dilación que suponen los excesivos tiempos de curado y exposición al agua. En un intento de agilizar la aplicación de ambos métodos, algunos investigadores han propuesto modificaciones en sus correspondientes protocolos, aunque han dejado líneas de investigación abiertas para profundizar en el conocimiento del diseño de las mezclas densas con emulsión.

## 2.4 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

- [1] Nosetti Rodolfo, Bianchetto Hugo y Daguerre Lisandro. "Propiedades de las mezclas asfálticas". Apuntes de la cátedra de Materiales Viales IV del Magíster en Ingeniería Vial de la Facultad de Ingeniería de la U.N.L.P. (2.001).
- [2] James Alan. Cold mix design in North America. Akzo Nobel Surface Chemistry LLC, 7101 Adams St, Willowbrook, IL 60527, USA. (2.002).
- [3] Dr. Ing. Nosetti Rodolfo Adrián - Consultoría Integral de Obras Civiles S.A., Buenos Aires; Lic. Del Pozo Carlos - Ing. Deza Gonzalo, PROBIAR S.A., Cañuelas; Ing. Siviero Néstor - Ing. Escobar José, Dirección Provincial Vialidad Misiones, Posadas; Ing. Collazo Luis - Ing. Heinrich S. Benjamín, Borcom S.A., Posadas. Utilización de mezclas densas en frío con emulsión en la pavimentación de calles empedradas en la ciudad de Posadas, Provincia de Misiones, Argentina. XVII CILA, Guatemala (2.013).
- [4] Ferré Pedro. ATEB, Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas. [http://www.ateb.es/pdf/frío/1.Las emulsiones de betún su química-física.pdf](http://www.ateb.es/pdf/frío/1.Las%20emulsiones%20de%20betún%20su%20química-física.pdf). Acceso 02/03/2.016.
- [5] Ebels Lucas-Jan. Characterisation of material properties and behaviour of cold bituminous mixtures for road pavements. Doctoral Thesis. Stellenbosch University, South Africa (2.008).
- [6] Página web de EAPA (European Asphalt Pavement Association). <http://www.eapa.org/publications.php?c=73>. Acceso 03/03/2.016.
- [7] Página web de ATEB. <http://www.ateb.es/index.php/sample-sites/mercadoactual>. Acceso 04/03/2.016.
- [8] Baltasar Rubio. "Emulsiones asfálticas. Emulsiones modificadas". XII Curso Internacional de Carreteras, Madrid (1.996).
- [9] Akzo Nobel. Emulsiones Asfálticas. Boletín Técnico. Suecia (1.999).
- [10] Página web de ATEB. <http://ateb.es/index.php/sample-sites/parks>. Acceso 04/03/2.016.
- [11] Manual Básico de Emulsiones Asfálticas Manual Series No. 19. Asphalt Institute. ISBN-10: 1934154245. (Enero, 2.001).

- [12] Transportation Research Circular E-C102. Asphalt Emulsion Technology. Delmar Salomon. Transportation Research Board. Characteristics of Bituminous Materials Committee. ISSN 0097-8515 (Agosto 2.016).
- [13] Fernández del Campo, Juan Antonio. Pavimentos bituminosos en frío. Editores Técnicos Asociados S.A. Barcelona (1.983).
- [14] Fong, G.K. Mix Design Methods for Base and Surface Courses Using Emulsified Asphalt, A State-of-the-Art (Report No. FHWA-RD-78-113 Intrm Rpt.), (1.978).
- [15] Basic Asphalt Emulsion Manual, AEMA 1.979, 2nd Edition (1.986).
- [16] National Cooperative Highway Research Program Report NCHRP Report 259, Design of Emulsified Asphalt Paving Mixtures (1.983).
- [17] Report on Cold Recycling of Asphalt Pavements, AASHTO-AGC-ARTBA Task Force 38 (May 1.997).
- [18] Wade Betenson, Emulsified Asphalt Pavement at South Holden Interchange Ramps Utah DOT (1.976).
- [19] Dense Graded Mixes using Asphalt Emulsions, Recommended Performance Guidelines 2nd Edition, AEMA (2.006).
- [20] Michael Mamlouk and Leonard Wood .Use and Properties of Emulsified Asphalt Mixtures in Low-Volume Roads, TRB Record 898, 277-283 (1.993).
- [21] Daniel Murphy & John Emery, Evaluation of Modified Cold in place Recycling, 4th Annual Ontario Emulsion Workshop (February 2.000).
- [22] Jean-Martin Croteau, Keith Davison an Bill Boston. Usage of Emulsion Mixes to Mitigate the Effect of Subgrade Movements, 4th Annual Ontario Emulsion Workshop (February 2.000).
- [23] J.Dybalski, Proposed Mix Design Methods for Asphalt Emulsion Cold Mixes, 11th AEMA Annual Meeting (Orlando, Florida 1.984).
- [24] L E Santucci, Thickness Design Procedure for Asphalt and Emulsified Asphalt Mixes, 4<sup>th</sup> International Conference on the Structural design of Asphalt Pavements, University of Michigan, pp 424-456, Ann Arbor (1.977).
- [25] Basic Asphalt Recycling Manual, Asphalt Reclaiming and Recycling Association (2.001).



[26] Waller Fred, Emulsion mix design methods: an overview. Emulsion mix design, stabilization and compaction. Transportation Research Record 754 (1.980).

[27] Asphalt Cold Mix Manual MS-14 Manual de Mezclas Asfálticas en Frío del Instituto del Asfalto, Estados Unidos, tercera edición (2.005).



## CAPÍTULO 3. APROXIMACIÓN A UNA METODOLOGÍA DE DISEÑO

### 3.1. ESTUDIOS EN LABORATORIO

La calidad de las mezclas bituminosas en frío densamente graduadas depende en gran medida de la capacidad de los agregados para proporcionar un buen esqueleto mineral, a cuyo fin resulta menester que sean lo suficientemente duros y rugosos, de tal modo que aseguren una buena adherencia árido-ligante, con una granulometría continua que permita obtener una buena compacidad, rozamiento interno, resistencia ante las cargas del tráfico y a su vez un buen curado y maduración de la mezcla.

Asimismo resulta de vital importancia la afinidad y adhesividad del árido con la emulsión y el grado de homogeneidad alcanzado en la distribución.

Teniendo en cuenta lo expresado, en la tesis se reportan en este capítulo los resultados de los ensayos realizados en laboratorio, el procedimiento de diseño empleado y los cambios evidenciados en el comportamiento de mezclas elaboradas con áridos procedentes de la trituración de rocas de canteras situadas en el centro de la provincia de Buenos Aires y emulsiones convencionales y modificadas fabricadas *ad hoc*.

A los efectos de contrastar resultados, se elaboraron mezclas en caliente utilizando un betún convencional, conservándose en todos los casos análogos parámetros de dosificación.

En el siguiente organigrama se representan esquemáticamente los ensayos efectuados a los áridos y ligantes bituminosos utilizados y los estudios preliminares realizados a la mezcla asfáltica en frío:

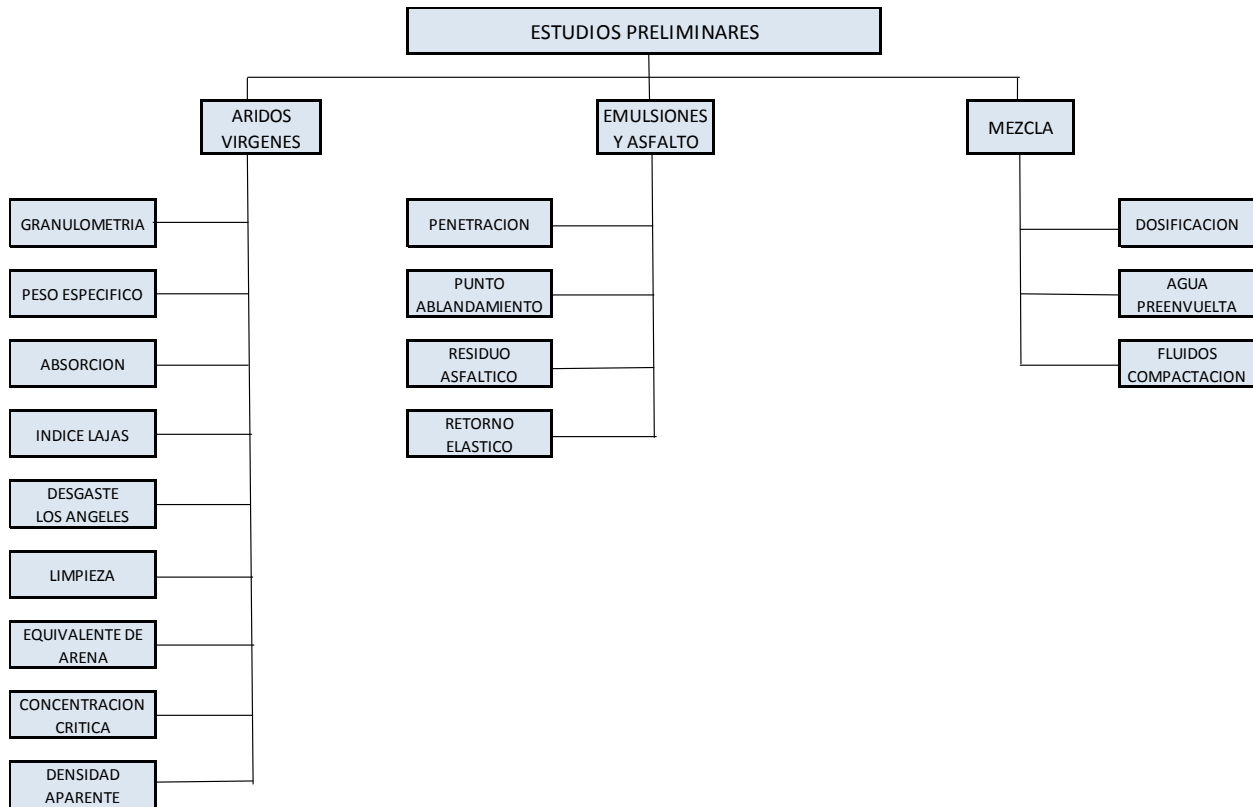


Figura 3.1 - Organigrama de caracterización de materiales

### 3.1.1. Caracterización de los materiales utilizados

Para la elaboración de la mezcla se utilizó un agregado pétreo del tipo piedra partida 6-20 mm y 6-12 mm, arena de trituración 0-6 mm, arena silíceas, cal hidráulica, ligantes bituminosos emulsificados convencionales y modificados, y asfalto convencional para la mezcla en caliente. El material pétreo ensayado se obtuvo directamente de los acopios de una obra en ejecución en la ciudad de La Plata y se fraccionó por cuarteos sucesivos hasta obtener una muestra representativa.

- Agregados Gruesos

Los agregados gruesos constituyen el esqueleto mineral, que por su dureza y rozamiento interno, contribuye profusamente a resistir las cargas actuantes. Los áridos empleados provienen de la trituración de rocas duras que conforman el macizo de Tandilia (la cantera se encuentra situada en el partido de Olavarría), presentan aceptable cubicidad, limpieza y suficiente resistencia al desgaste.

En las Tablas 3.1 y 3.2 se reportan los valores de cada uno de los ensayos realizados a estos materiales.

MUESTRA	TAMICES							
	19.0 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	4.75 mm (N° 4)	2.00 mm (N° 10)	0.42 mm (N° 40)	0.15 mm (N° 100)	0.075 mm (N° 200)
6-20 mm	100	41	16	7	3.8	0.1	0	0
6-12 mm	100	100	99	17	2	1.5	1.0	0.5

Tabla 3.1 - Granulometría de los agregados gruesos, Norma IRAM 1505

ENSAYO	NORMA	6-20 mm	6-12 mm
Peso Específico Aparente [g/cm <sup>3</sup> ]	IRAM 1520	<b>2.728</b>	<b>2.693</b>
Peso Específico del Agregado seco [g./cm <sup>3</sup> ]	IRAM 1520	<b>2.713</b>	<b>2.678</b>
Peso Específico del Agregado s.s.s. [g/cm <sup>3</sup> ]	IRAM 1520	<b>2.720</b>	<b>2.683</b>
Absorción [%]	IRAM 1520	<b>0.21</b>	<b>0.21</b>
Índice de Lajas [%]	IRAM 1687-1	<b>21.1</b>	<b>21.4</b>
Desgaste Los Ángeles [%]	IRAM 1532	<b>14</b>	<b>25</b>
Polvo Adherido [ml]	IRAM 1883	<b>0.9</b>	<b>1.1</b>

Tabla 3.2 - Características de los agregados gruesos

- Agregados Finos

El árido fino y el filler en conjunto con el ligante son los responsables de la cohesión e impermeabilidad de la mezcla.

La limpieza y plasticidad de los finos tienen una especial importancia en la elección de la emulsión a emplear, debido a su influencia en la velocidad de rotura, envuelta y resistencia conservada.

La arena de trituración proviene de la misma cantera que los agregados gruesos y la arena silíceo procede del río Paraná, ambos materiales carentes de componentes arcillosos.

Se detallan en las Tablas 3.3 y 3.4 los resultados de los ensayos efectuados a estos agregados.

MUESTRA	TAMICES							
	19.0 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	4.75 mm (Nº 4)	2.00 mm (Nº 10)	0.42 mm (Nº 40)	0.15 mm (Nº 100)	0,075 mm (Nº 200)
0-6 mm	100	100	99	76	71	31	20	10.5
Silíceas	100	100	100	100	100	86	35	0.7

Tabla 3.3 - Granulometría de los agregados finos, Norma IRAM 1505

ENSAYO	NORMA	0-6 mm	Silíceas
Peso Específico Aparente [g/cm <sup>3</sup> ]	IRAM 1520	<b>2.703</b>	<b>2.649</b>
Absorción [%]	IRAM 1520	<b>0.40</b>	<b>0.23</b>
Equivalente de Arena [%]	IRAM 1682	<b>78</b>	<b>95</b>

Tabla 3.4 - Características de los agregados finos

En la Figura 3.2 se representan las curvas granulométricas de los agregados a utilizar en la elaboración de las mezclas.

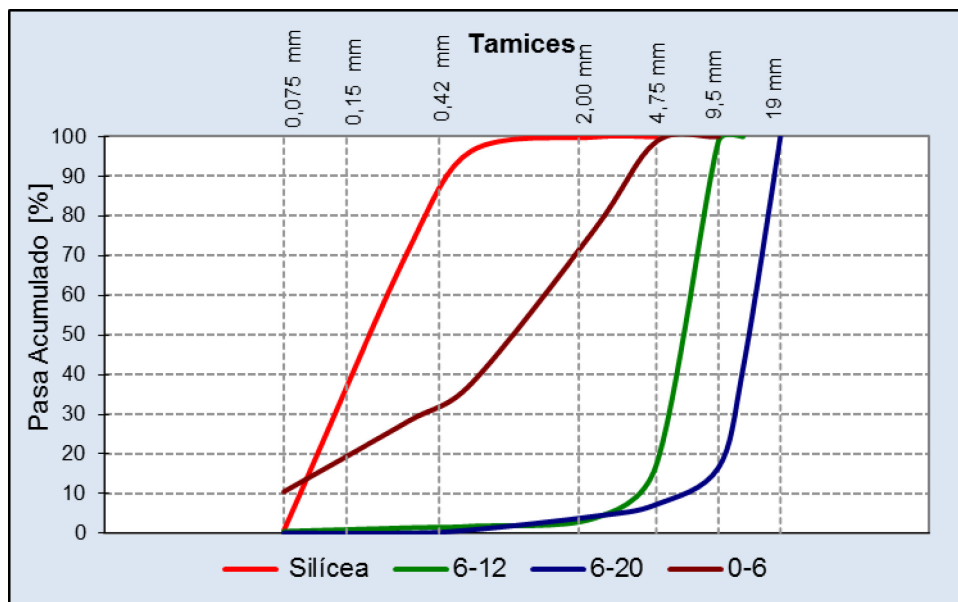


Figura 3.2 - Curvas granulométricas de los agregados

- Filler

En general este material cumple funciones similares a las desempeñadas en las mezclas asfálticas en caliente, es decir, mejora la adherencia árido-betún, coadyuva al espesamiento del ligante y rellena vacíos, influyendo también en el tiempo de rotura de la emulsión.

Debe tenerse en cuenta que un exceso en la relación volumétrica filler-betún traerá aparejada una elevada rigidización. Por dicha razón, en las mezclas densas es conveniente relacionar su dosaje con su concentración crítica, con el propósito de asegurar la capacidad de deformación visco-elástica del sistema. El Pliego de Especificaciones Técnicas -en elaboración- de la D.N.V. establece para mezclas con ligantes convencionales  $C_v/C_s \leq 1,0$  y para ligantes asfálticos modificados  $C_v/C_s \leq 1,1$ . Asimismo limita la proporción relativa de rellenos minerales de aporte cuya concentración crítica sea inferior a 0,22 ( $C_s < 0,22$ ) a un máximo de 2 % en peso de la mezcla.

El filler utilizado en la elaboración de las mezclas en la presente tesis, estuvo compuesto por el proveniente de la fracción de los áridos que pasa el tamiz N° 200 (0,075 mm) y por cal hidráulica hidratada en carácter de filler de aportación. La suma de ambos materiales se denominará de aquí en adelante filler total de la mezcla.

En las Tablas 3.5 y 3.6 se reportan los resultados de los ensayos efectuados al filler de aportación (cal) y al filler total de la mezcla.

MUESTRA	TAMICES		
	0.42 mm (N° 40)	0.15 mm (N° 100)	0.075 mm (N° 200)
Cal	100	99.1	94.3

Tabla 3.5 - Granulometría de la Cal

MUESTRA	Peso Especifico [g/cm <sup>3</sup> ]
Cal	2.475
Filler total de la mezcla	2.681

Tabla 3.6 - Peso Especifico de los filleres

Para el filler total de la mezcla se obtuvo la concentración crítica ( $C_s$ ), mediante el ensayo de asentamiento en kerosene (Norma VN-E11-67).

$$C_s = \frac{\text{Peso seco de la muestra}}{\text{Peso Específico} \times \text{Volumen asentado}}$$

Peso seco de la muestra = **8.64 g**

Volumen asentado en kerosene anhidro deshidratado con cloruro de calcio después de 24 hs = **11.7 cm<sup>3</sup>**

Peso específico del filler total de la mezcla = **2.681 g/cm<sup>3</sup>**

<b><math>C_s = 0.275</math></b>
---------------------------------

Cabe recordar que esta concentración representa el valor límite del sólido, dado que ante un esfuerzo externo deformante ya no es posible un flujo viscoso del ligante bituminoso, ya que las partículas de filler no pueden desplazarse libremente.

- Ligantes Bituminosos

El tipo de emulsión, aniónica o catiónica está condicionado por la naturaleza mineralógica del árido a utilizar, especialmente por la fracción fina. Se optó por utilizar emulsiones tipo catiónicas, en virtud de su mayor producción y difusión en el mercado local, y esencialmente porque se logra una buena adhesión con los áridos de origen silíceo. Por tratarse de una mezcla densa, se utilizaron una emulsión convencional catiónica de rotura lenta -CRL tipo intermedio- y una emulsión modificada catiónica de rotura lenta -CRLm- que cumplen con la Normas Iram 6691 y 6698 respectivamente.

En la Tabla 3.7 se indica el residuo asfáltico de las dos emulsiones utilizadas en la presente investigación.

EMULSION	RESIDUO ASFALTICO
Emulsión Convencional (EC)	61.0 %
Emulsión Modificada (EM)	62.4 %

Tabla 3.7 - Residuo asfáltico de las emulsiones



En la Tabla 3.8 se reportan los valores de los ensayos realizados a los mencionados residuos y al asfalto empleado en la elaboración de las mezclas en caliente.

ENSAYOS	Emulsión Convencional EC	Emulsión Modificada EM	Asfalto
Penetración a 25°C (100 g, 5 seg) [0.1mm]	74	56	80
Punto de Ablandamiento [°C]	51.3	63.5	48.4
Retorno Elástico por torsión [%]	--	18	--

Tabla 3.8 - Ensayos sobre los residuos asfálticos de las emulsiones y el asfalto

### 3.1.2. Dosificación de la mezcla

La dosificación de la mezcla con emulsión se efectuó por el método Marshall con compactación estática. En esta instancia sólo se utilizó la emulsión convencional.

Para la dosificación de las mezclas se adoptó una granulometría que cumpla con los requisitos establecidos por la Dirección Nacional de Vialidad (D.N.V)<sup>[1]</sup>. Para ello, en función de los materiales que se poseían, se adoptó el dosaje indicado en la Tabla 3.9.

MATERIAL	PORCENTAJE
Agregado grueso 6- 20 mm	22
Agregado grueso 6-12 mm	30
Agregado fino de trituración 0-6 mm	42
Arena Silíceo	5
Cal hidráulica hidratada	1

Tabla 3.9 - Dosaje de la mezcla de inertes

En la Tabla 3.10 se presenta la granulometría resultante de la mezcla de inertes referenciándola respecto de los valores límites establecidos por la Dirección Nacional de Vialidad. Dichos valores se representan en la Figura 3.3.

MUESTRA	TAMICES							
	19.0 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	4.75 mm (N° 4)	2.00 mm (N° 10)	0.42 mm (N° 40)	0.15 mm (N° 100)	0.075 mm (N° 200)
Resultante	100	87	81	54	38	19	11	5.5
Límites D.N.V.	100	80 - 95	--	--	32 - 45	--	8 - 15	3 - 8

Tabla 3.10 - Granulometría resultante y valores límites de la D.N.V.

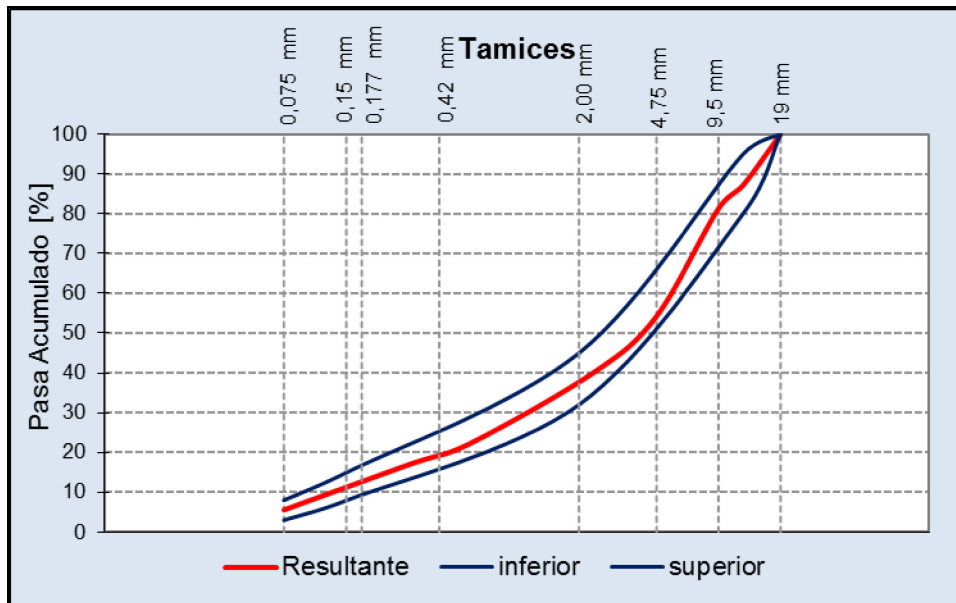


Figura 3.3 - Granulometría resultante y valores límites de la D.N.V.

Definida la composición de los áridos en la mezcla, se procedió a calcular el contenido de fluidos necesario para el mezclado.

### 3.1.3. Porcentaje de agua de preenvuelta y fluidos de compactación

Para la correcta envuelta de los áridos, es aconsejable que antes de adicionar la emulsión, se añada al árido una cierta cantidad de agua para satisfacer el carácter hidrófilo de éste, denominada comúnmente agua de preenvuelta. Esta agua es el vehículo ideal para que la emulsión llegue a recubrir todas las partículas de agregados.

La cantidad de agua de mezclado debe ser la mínima que permita una correcta homogenización de la emulsión dentro de la mezcla, y que ésta no rompa prematuramente al ponerse en contacto con los agregados (principalmente los finos), situación que se originaría instantáneamente si el agua de preenvuelta

es insuficiente. Por el contrario, con un excesivo contenido de agua se logra un fácil mezclado, pero como contrapartida se produce el escurrimiento de la emulsión y la segregación de la mezcla, además de producir demoras en la evaporación del agua, impidiendo su correcta compactación, retrasando la apertura al tránsito.

Para la determinación de este parámetro se utilizó el método indicado por el Ing. Duillo D. Massaccesi en la publicación de Mezclas Asfálticas Elaboradas en Frío, en el cual propone la utilización de coeficientes de aporte de agua en función del tamaño y origen de los áridos. En este caso en particular dichos coeficientes corresponden a áridos de origen silíceo, los mismos se indican en la Tabla 3.11.

PASA TAMIZ	RETIENE TAMIZ	COEFICIENTE
19.0 mm (3/4")	2.0 mm (N°10)	<b>1.5</b>
2.0 mm (N°10)	0.42 mm (N°40)	<b>1.8</b>
0.42 mm (N°40)	0.177 mm (N°80)	<b>4.0</b>
0.177 mm (N°80)	0.075 mm (N°200)	<b>6.5</b>
Filler	-----	<b>20</b>
Cal Hidráulica	-----	<b>40</b>

Tabla 3.11 - Coeficientes de aporte en función del tamaño y origen silíceo del árido

Para determinar el aporte de agua se realizó una nueva granulometría con los tamices indicados en la Tabla 3.11, aplicándole a ésta los correspondientes coeficientes. Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 3.12

PASA TAMIZ - RETIENE TAMIZ	GRADUACION (%)	COEFICIENTE	HUMEDAD (%)
19,0 mm (3/4 ") - 2,00 mm (N° 10)	62,0	1,5	0.93
2,00 mm (N° 10) - 0,42 mm (N° 40)	19,0	1,8	0.34
0,42 mm (N° 40) - 0,18 mm (N° 80)	7,00	4.0	0.28
0,18 mm (N° 80) - 0,075 mm (N° 200)	6,50	6,5	0.42
Filler Calcáreo	4,55	20	0.91
Cal Hidráulica	0,95	40	0.38
<b>Total de Humedad s/ peso de áridos (%)</b>			<b>3.26</b>

Tabla 3.12 - Humedad Óptima de Preenvuelta

Una vez determinada la cantidad de agua de preenvuelta se elaboraron mezclas con un porcentaje de emulsión que se estima, en virtud de la experiencia, será próximo al óptimo.

Para la determinación del contenido de humedad óptima de compactación, una vez elaborada la mezcla, se moldearon probetas con distintos contenidos de agua.

Para tal cometido se hizo evaporar parte de los fluidos contenidos en la mezcla, de manera tal que la pérdida de humedad fuera incrementándose en intervalos sucesivos en aproximadamente un 10 %, para posteriormente proceder en todos los casos a su compactación bajo las mismas condiciones. Esto es, estáticamente a doble pistón con una carga de 6 toneladas, que equivale aproximadamente a 7,26 MPa en probetas de 101,6 mm de diámetro.

La compactación se efectuó en dos etapas: la primera se logró en un tiempo de 2 minutos, manteniéndose la misma durante 1 minuto; luego se dejaron descansar las probetas en los moldes un tiempo aproximado de dos horas y se efectuó una segunda compactación, lográndose de esta manera un significativo aumento de la densidad respecto a la compactación realizada en una sola etapa.

En la Figura 3.4 se representa la variación de la densidad con la pérdida de humedad, pudiendo observarse que hasta aproximadamente el 30 % de pérdida de agua los valores de densidad son significativos, pero como contrapartida, durante la compactación se produjo la expulsión y escurrimiento de una apreciable cantidad de fluido conteniendo ligante, ocasionando la consiguiente pérdida del mismo y por ende de las propiedades potenciales mecánicas de la mezcla. Mientras que en el rango comprendido entre el 30 % y 50 % de pérdida de humedad, si bien los valores de densidad resultaron algo inferiores, no se produjo pérdida de material bituminoso y además los valores se mantuvieron prácticamente constantes. Con pérdidas de humedad superiores al 50 % la mezcla pierde cohesión y trabajabilidad y los valores de densidad caen bruscamente. Por los motivos expuestos se optó por compactar la mezcla una vez que la misma haya perdido un porcentaje de humedad del orden del 40 %.

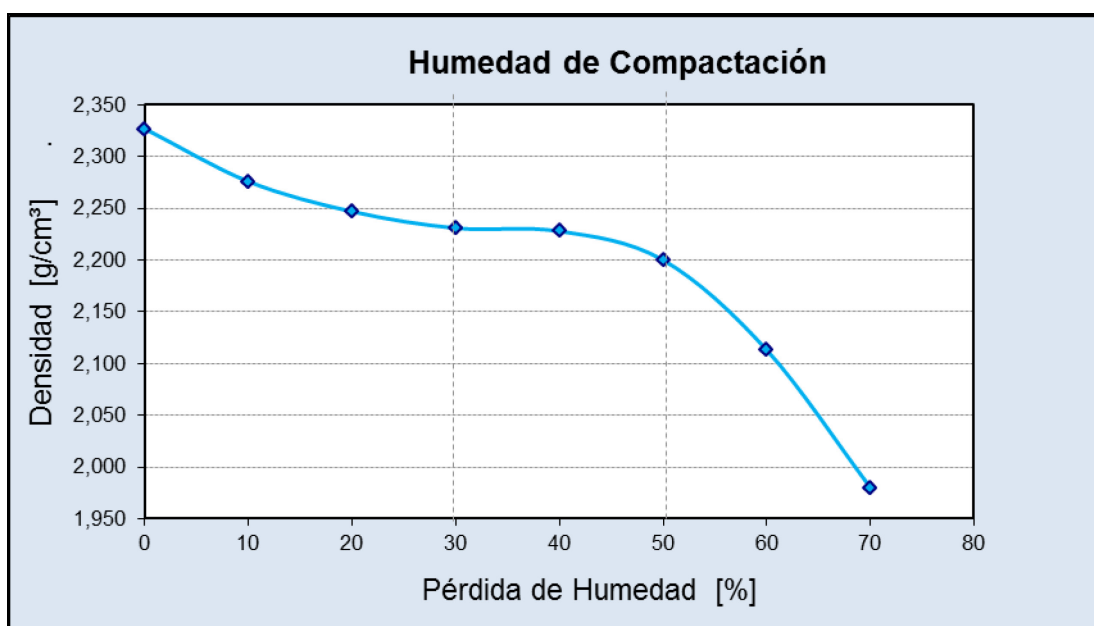


Figura 3.4 - Variación de la Densidad en función del contenido de Humedad

#### 3.1.4. Preparación, compactación y curado de las probetas

Para la preparación de las probetas, se incorporó a la mezcla de agregados el porcentaje de agua de preenvuelta y se efectuó una primera homogenización hasta obtener una correcta humectación de los áridos. Luego se adicionaron en forma sucesiva los distintos porcentajes de emulsión, de tal manera que el asfalto quede comprendido entre 4 % y 6 %.

A continuación se efectuó un nuevo mezclado hasta obtener un adecuado recubrimiento de los áridos, dejándose la mezcla al aire hasta que esta pierda un 40 % de los fluidos totales (agua de mezclado más la proveniente de la emulsión). Finalmente se la introdujo en los moldes Marshall, se la escarificó con una espátula para lograr el reacomodamiento de las partículas y se procedió a compactarla estáticamente a doble pistón con una carga de 6 toneladas.

Una vez moldeadas las probetas se realizó el curado de las mismas en estufa a 50 °C durante tres días. Se determinaron también las Densidades Aparente y Rice, siguiendo las pautas fijadas por las Normas VN-E12-67 y VN-E27-84 respectivamente.

Posteriormente se hallaron los parámetros Marshall de Estabilidad y Fluencia. A tal fin como indica la norma VN-E9-86, previo al ensayo de las probetas, se las sumergió a éstas en un baño de agua termostático a  $60 \pm 1$  °C durante un tiempo aproximado de 35 minutos.

Los valores consignados son el promedio de tres determinaciones. Se observó que no hubo cambios significativos en la fluencia de la mezcla para contenidos de asfalto comprendidos entre 4,5 % y 5,5 %. Los valores alcanzados se muestran en la Tabla 3.13. En el Anexo A obran todas las planillas correspondientes a este ensayo.

El porcentaje óptimo de asfalto se obtuvo promediando los valores representados en las Figuras 3.5, 3.6 y 3.7.

ENSAYO MARSHALL					
Asfalto [%]	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Emulsión [%]	6,6	7,4	8,2	9,0	9,8
Densidad Aparente [g/cm <sup>3</sup> ]	2,238	2,244	2,252	2,266	2,265
Densidad Rice [g/cm <sup>3</sup> ]	2,519	2,497	2,480	2,459	2,444
Vacíos [%]	11,2	10,1	9,2	7,8	7,3
VAM [%]	20,12	20,22	20,44	20,31	20,91
RBV [%]	44,50	49,95	55,08	61,36	64,99
Estabilidad [kg]	357	381	354	308	305
Fluencia [0,1 mm]	3,3	2,9	2,7	2,8	2,4

Tabla 3.13 - Resultados del Ensayo Marshall

Cabe señalar que la Sección D.X del Pliego de Especificaciones Técnicas de la D.N.V., edición 1.998, exige para las mezclas en frío un valor de Estabilidad superior a 350 Kg.

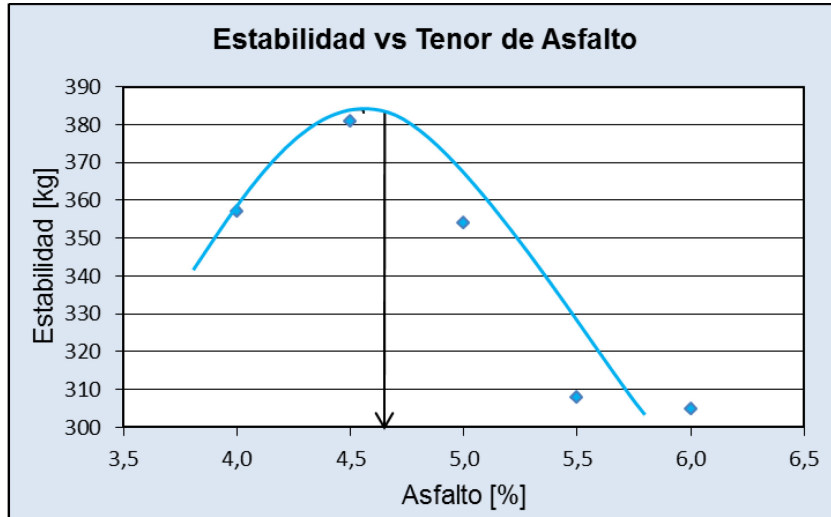


Figura 3.5 - Estabilidad vs Asfalto

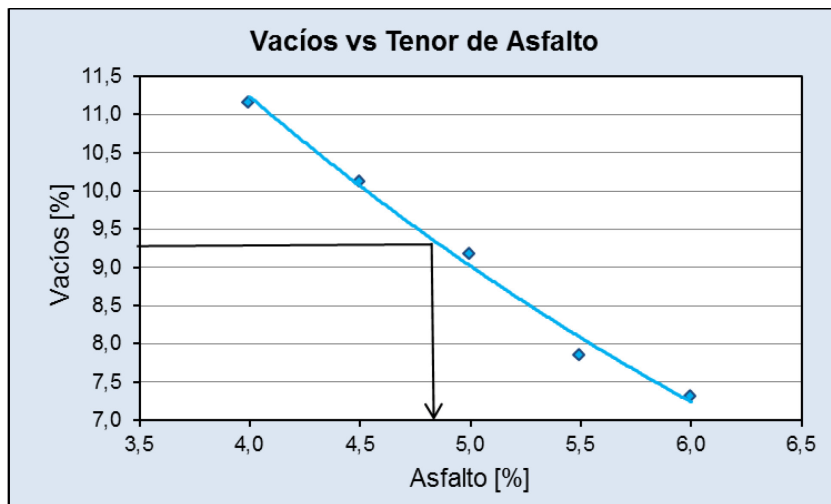


Figura 3.6 - Vacíos vs Asfalto

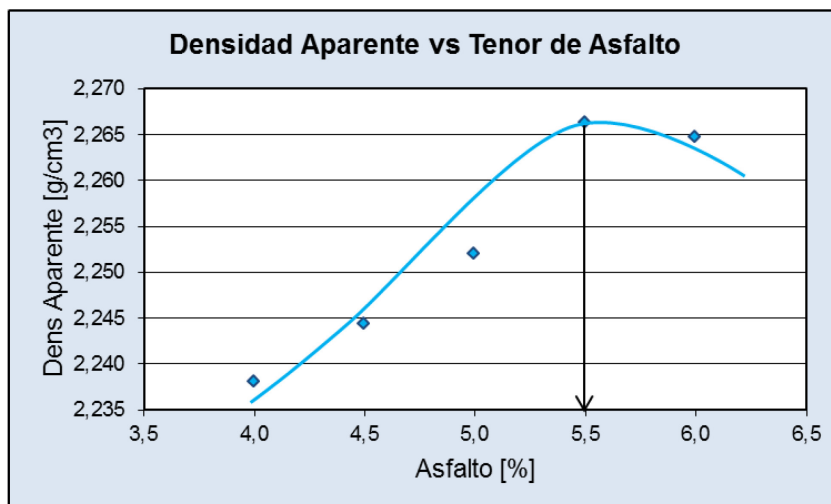


Figura 3.7 - Densidad Aparente vs Asfalto

De los gráficos precedentes se obtuvo el porcentaje de Emulsión a utilizar en la mezcla según el siguiente cálculo:

$$\text{Asfalto [\%]} = (4.7 + 4.8 + 5.5)/3 = 5.0 \quad \gg \quad \text{Emulsión [\%]} = 8.2$$

Definido el porcentaje de ligante se obtuvo la concentración volumétrica de la mezcla.

Con dicho porcentaje se calculó la relación  $C_v/C_s = 1,02$ . Si bien resulta levemente superior al valor de 1,0 recomendado por algunas especificaciones cuando se utilizan ligantes convencionales en mezclas asfálticas en caliente, esto no afectaría la capacidad de deformación visco-elástica del sistema, puesto que como ya se dijo, cuando se emplean ligantes modificados esas mismas especificaciones admiten que la relación  $C_v/C_s$  pueda llegar hasta 1,1.

En el Anexo A se presentan los cálculos de concentración volumétrica para cada porcentaje de ligante y su relación con la concentración crítica.

Adoptado el porcentaje de emulsión, se realizaron una serie de ensayos utilizando como ligante bituminoso en la elaboración de las mezclas los indicados en los objetivos del trabajo, es decir una mezcla con emulsión convencional [MEC], una mezcla con emulsión modificada con polímeros [MEM] y una mezcla en caliente con un asfalto convencional [MAC].

Asimismo en la Figura 3.8 se pueden apreciar los gráficos que reflejan los valores obtenidos con el ensayo Marshall de vacíos del agregado mineral y de la relación betún-vacíos.

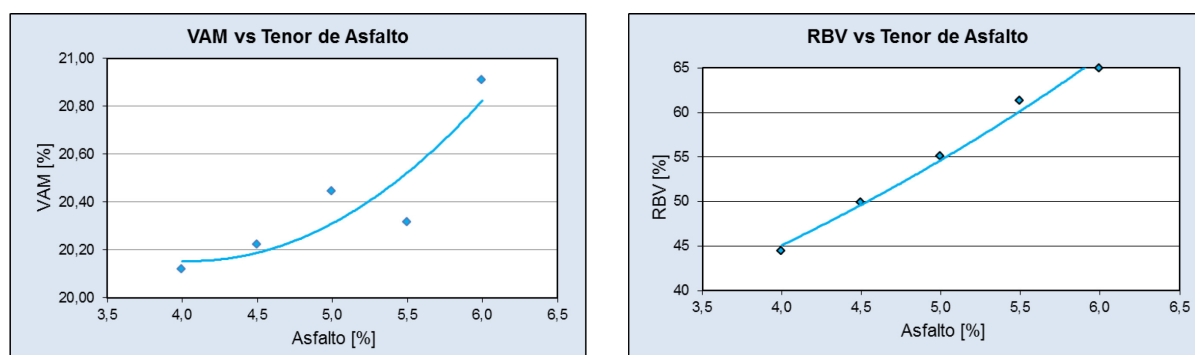


Figura 3.8 - Gráficos obtenidos a partir del Ensayo Marshall

En las Figuras 3.9 a 3.25 puede observarse la secuencia de preparación, compactación y curado de las probetas para efectuar los ensayos previstos. Las



Figuras 3.18 y 3.19 muestran el aspecto que va adquiriendo la mezcla con el avance de la pérdida de fluidos.



Figura 3.9 - Composición de los agregados de la mezcla.



Figura 3.10 - Introducción de los agregados en el recipiente para el mezclado



Figura 3.11 - Mezclado preliminar



Figura 3.12 - Adición de agua de preenvuelta



Figura 3.13 - Comienzo del premezclado



Figura 3.14 - Fin del proceso de premezclado



Figura 3.15 - Incorporación de la emulsión convencional



Figura 3.16 - Comienzo del proceso de mezclado



Figura 3.17 - Fin del proceso de mezclado.



Figura 3.18 - Aspecto de la mezcla a medida que va perdiendo humedad



Figura 3.19 - Continúa el proceso de pérdida de humedad en la mezcla.



Figura 3.20 - Aspecto que presenta la mezcla previamente a ser introducida en el molde Marshall



Figura 3.21 - Equipo para compactación estática de la mezcla



Figura 3.22 - Compactación estática a doble pistón de la mezcla



Figura 3.23 - Aspecto de las probetas una vez desmoldadas



Figura 3.24 - Estufa para curado de probetas



Figura 3.25 - Colocación de las probetas en la estufa para el curado

En el siguiente organigrama se aprecian los ensayos efectuados para valorar el comportamiento de la mezcla elaborada con emulsión convencional. El mismo esquema se reitera para los otros dos ligantes:

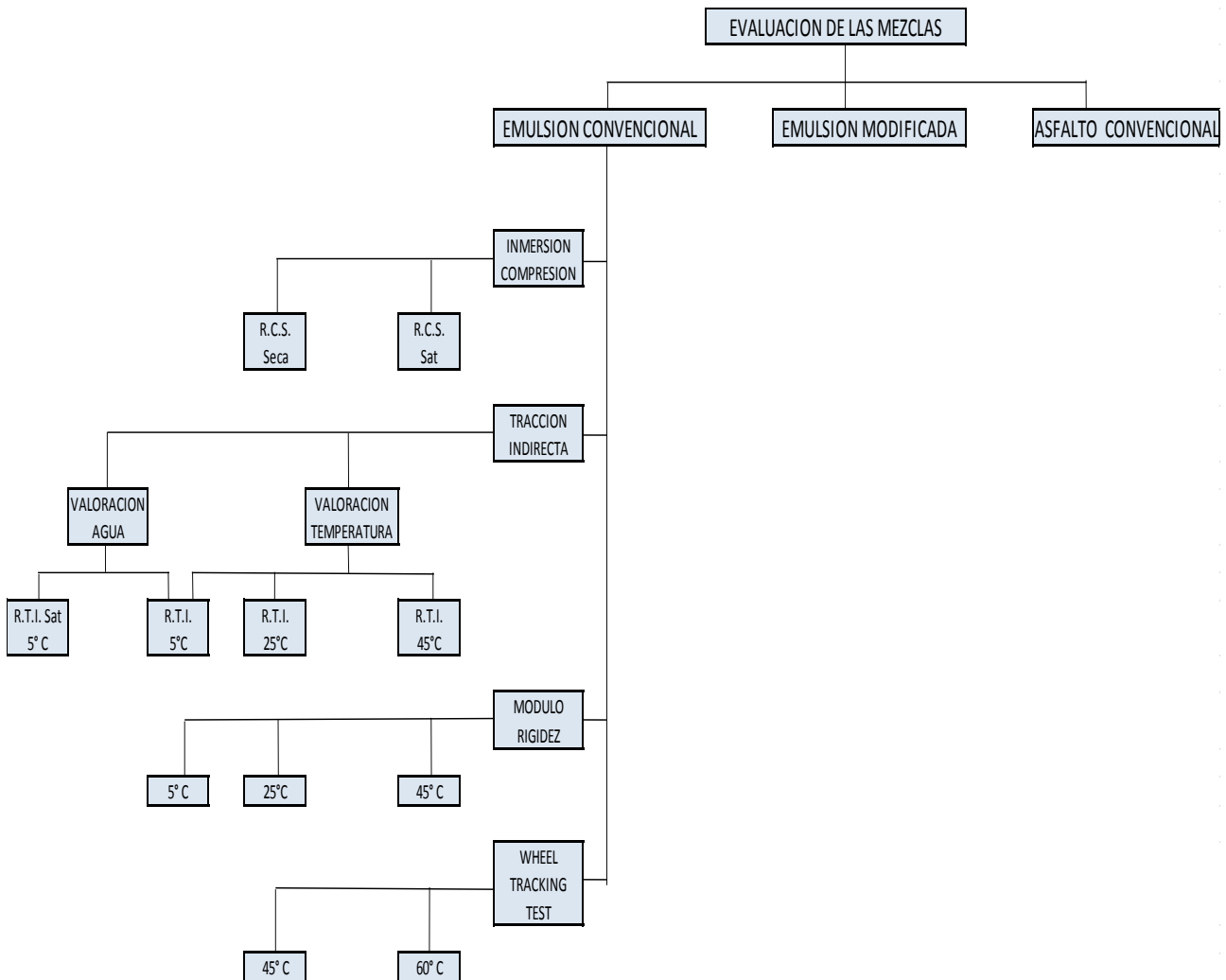


Figura 3.26 - Organigrama de los ensayos efectuados para valorar las distintas mezclas

### 3.1.5. Valoración de la cohesión. Ensayo de Inmersión - Compresión

En primera instancia se realizó el ensayo de Inmersión - Compresión. A tal fin se prepararon mezclas utilizando los distintos tipos de ligante.

Para las mezclas en frío, luego de producida la evaporación del 40 % del agua total, la mezcla se introdujo en un molde de 101.5 mm de diámetro y 101.5 mm  $\pm$  2.5 mm de altura (NLT-161/84) y se la escarificó con una espátula para

lograr el reacomodamiento de las partículas, ulteriormente se compactó estáticamente a doble pistón con una carga de 17 toneladas.

La carga se aplicó en dos etapas: para ejecutar la primera se colocó entre el molde y el fondo un suplemento con el objeto de separar estos, y se aplicó una primera carga de 1 MPa (10 kg/cm<sup>2</sup>) para provocar el asentamiento de la mezcla, luego se retiró el suplemento y se comenzó con la compactación definitiva de la mezcla mediante la aplicación de una carga creciente, regulando la velocidad de forma tal de alcanzar en un tiempo de entre 2 y 3 minutos una carga máxima de 17 toneladas, es decir una presión de 21 MPa, ejerciendo la misma durante dos minutos. Una vez desmoldadas las probetas se curaron en estufa a 50 °C durante tres días para favorecer la evaporación del agua y la cohesión de la mezcla. Luego se dejaron al aire aproximadamente unas 18 horas y seguidamente se determinaron las densidades.

Para valorar el efecto del agua sobre la cohesión de la mezcla, se dividieron las probetas de igual porcentaje de emulsión, en dos grupos de cinco, de manera que la densidad relativa fuese aproximadamente la misma, y se adoptó el Procedimiento 2, Inmersión a 60 °C previsto en la Norma NLT-162/84.

El primer grupo se colocó en estufa a  $25 \pm 1$  °C durante 24 horas, luego se lo sumergió en un baño de agua regulado a  $25 \pm 1$  °C durante un tiempo de 2 horas, y se procedió a determinar su resistencia a compresión simple (NLT-161/84).

El segundo grupo se colocó en un baño de agua regulado a  $60 \pm 1$  °C durante 24 horas.

Finalizado este período, se retiraron las probetas y se mantuvieron a temperatura ambiente durante 2 horas. Posteriormente se volvieron a sumergir las mismas en un baño de agua regulado, pero en esta ocasión a una temperatura de  $25 \pm 1$  °C durante dos horas y se determinó el valor de la resistencia a compresión simple del grupo de probetas (NLT-161/84).

Para la mezcla en caliente se efectuó este ensayo en la forma tradicional. Los valores son el promedio de los resultados individuales y se indican en la Tabla 3.14.

	ASFALTO [%]	DENSIDAD APARENTE [g/cm <sup>3</sup> ]	R.C.S. Seca [MPa]	R.C.S. Saturada [MPa]	RESISTENCIA CONSERVADA [%]
MAC	4	2,300	3,86	3,39	87,8
MEC	4	2,312	3,49	3,37	96,6
MEM	4	2,301	4,34	3,92	90,3
MAC	5	2,334	4,15	3,57	86,1
MEC	5	2,338	3,63	3,56	98,1
MEM	5	2,324	3,71	3,58	96,7
MAC	6	2,352	4,06	3,64	89,7
MEC	6	2,320	2,99	2,89	96,5
MEM	6	2,326	2,75	2,71	98,5

Tabla 3.14 - Resultados del ensayo de Inmersión - Compresión

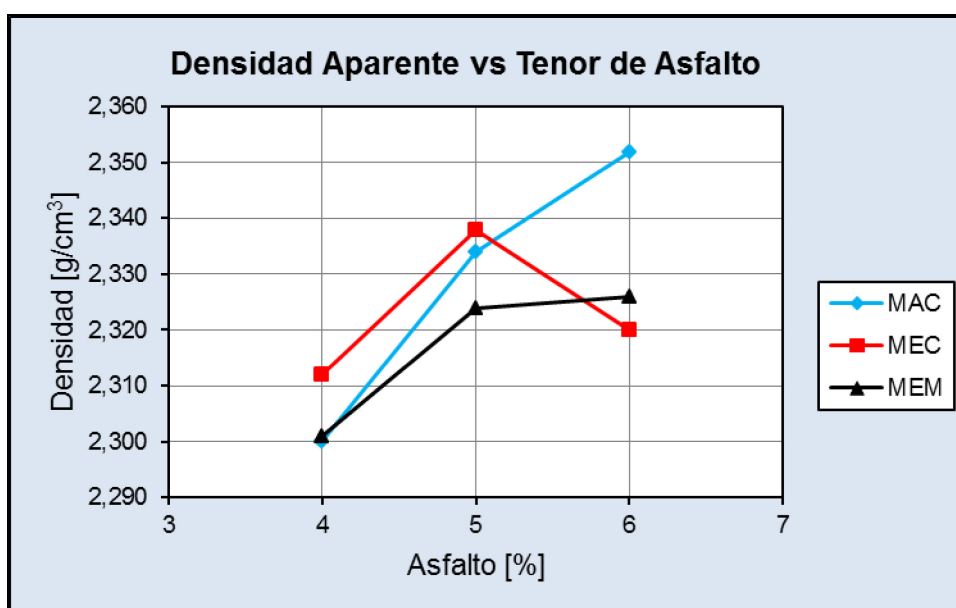


Figura 3.27 - Variación de la Densidad Aparente con el tenor de Asfalto

En la Figura 3.27 puede observarse que para el ensayo de Inmersión-Compresión, la variación en el tipo de ligante no produjo cambios significativos en los valores de las Densidades Aparentes para los distintos tenores de asfalto analizados.

El gráfico permite visualizar que la Densidad Aparente aumenta cuando el contenido de asfalto pasa de 4% a 5% en los tres tipos de mezclas. Al incrementarse el dosaje de 5% a 6%, en la mezcla en caliente la Densidad Aparente continúa aumentando,

mientras que en la mezcla elaborada con emulsión convencional disminuye y en la mezcla con emulsión modificada permanece prácticamente constante.

Para el contenido de asfalto del 5% la densidad alcanzada en la mezcla elaborada con emulsión convencional es del orden del 0,6 % mayor que la elaborada con emulsión modificada, considerándose exigua a esta diferencia.

Podríamos concluir que el ensayo de Inmersión-Compresión no permite diferenciar en gran medida los distintos ligantes utilizados, debido fundamentalmente a las altas cargas de compactación que se utilizan. Por este motivo las densidades entre las distintas mezclas resultan muy similares.

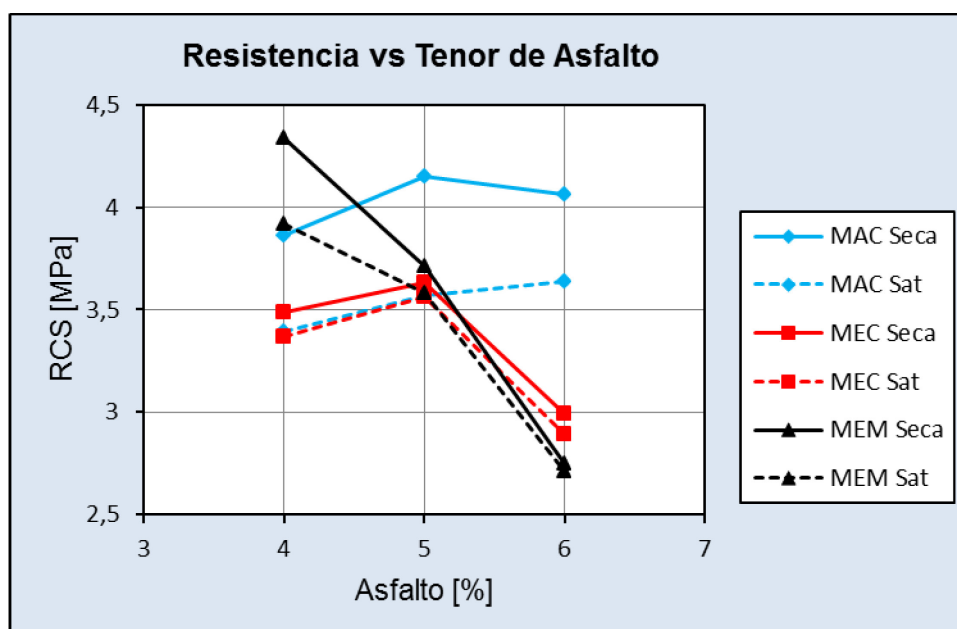


Figura 3.28 - Variación de la RCS con el contenido de Asfalto

Del análisis de la mezcla en caliente surge que las resistencias a compresión simple seca y saturada crecen cuando el tenor de asfalto pasa de 4 % a 5 %, mientras que al pasar de 5 % a 6 %, la resistencia seca cae levemente y la saturada continúa creciendo.

En la mezcla elaborada con emulsión convencional ambas resistencias aumentan al pasar de 4 % a 5 % el contenido de asfalto y decaen al incrementarse dicho contenido al 6 % siguiendo prácticamente el mismo gradiente.

Respecto a la mezcla con emulsión modificada los resultados obtenidos muestran que ambas resistencias disminuyen con el incremento del contenido de asfalto, alcanzado prácticamente el mismo valor con un 6 % de asfalto.

Se observa también que en las mezclas elaboradas con los dos tipos de emulsión para un tenor de asfalto de 6 %, ambas resistencias tienden a igualarse, esto podría ser atribuido a que el mayor tenor de asfalto dificulta el ingreso de agua en la mezcla.

Asimismo del ensayo surge que cuando el tenor de asfalto es del 5 % la resistencia seca de la mezcla en caliente supera en un 14 % al valor de la mezcla con emulsión convencional y en un 12 % al valor obtenido en la mezcla con emulsión modificada, resultando la resistencia saturada muy similar en los 3 tipos de mezclas analizados.

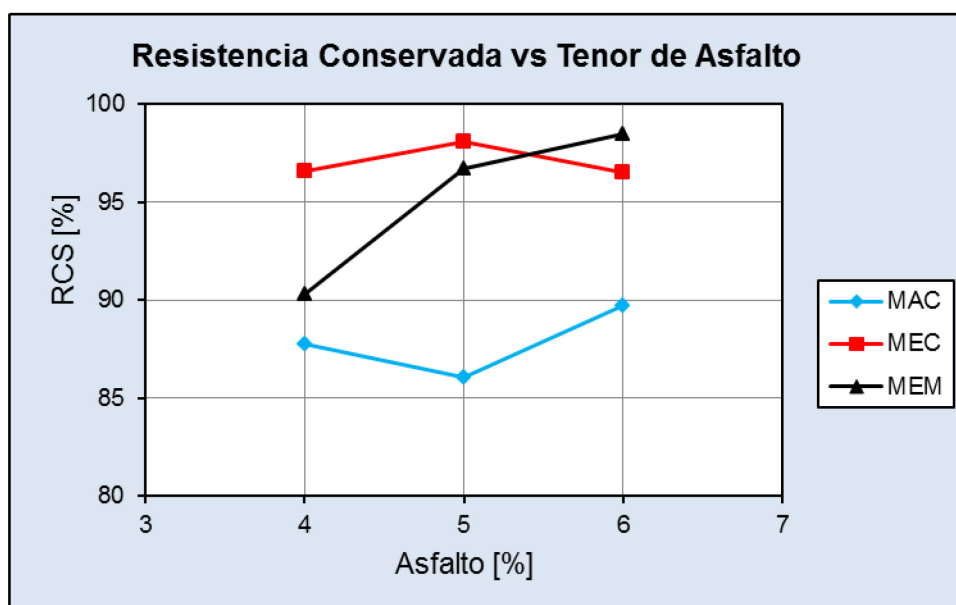


Figura 3.29 - Variación de la RCS Conservada con el contenido de Asfalto

La resistencia a compresión simple conservada, ya sea de la mezcla elaborada con emulsión convencional como con emulsión modificada, presenta valores altamente satisfactorios. En tanto la mezcla elaborada en caliente, muestra valores de resistencia conservada algo inferior respecto de las mezclas en frío, aunque igualmente aceptables, dado que el mínimo admisible generalmente impuesto en las especificaciones es del orden del 75 % al 80 %.



En el Anexo A se adjuntan las planillas con datos de las probetas y gráficos confeccionados a partir de los resultados obtenidos en este ensayo.

### 3.1.6. Resistencia a Tracción. Ensayo de Tracción Indirecta

Otro de los ensayos ejecutados a las mezclas fue el de Tracción Indirecta por compresión diametral a probetas tipo Marshall, de acuerdo a lo estipulado en la Norma NLT-346/90. Una vez colocado el material en el molde la compactación para las mezclas en frío fue efectuada estáticamente a doble pistón en dos etapas: “la primera se logra en 2 minutos aplicando una carga creciente a una velocidad de 1,27 mm/min hasta alcanzar las 6 toneladas, manteniéndose la misma durante 1 minuto, luego se dejan descansar las probetas en los moldes aproximadamente unas 2 horas y se efectúa una segunda compactación de forma similar”, mientras que la mezcla en caliente se compactó con pisón Marshall con 75 golpes por cara a una temperatura de 140 °C. Las probetas fueron divididas en dos grupos, uno de ellos se ensayó en seco, a distintas temperaturas (5 °C, 25 °C y 45 °C) y el otro, tras inmersión, sólo se ensayó a 5 °C. De esta manera se pudo evaluar la resistencia a la tracción indirecta a distintas temperaturas y la adhesividad del par árido-ligante.

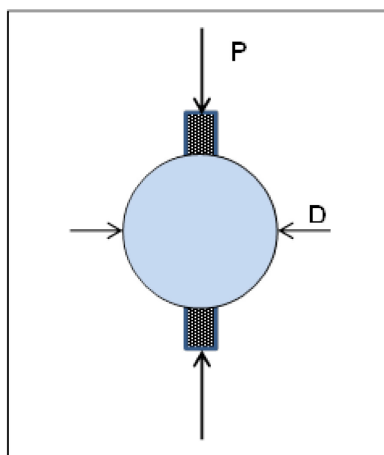


Figura 3.30 - Esquema del ensayo de Tracción Indirecta

Donde:

P = Carga aplicada

D = Diámetro de la probeta

En las Figuras 3.31 y 3.32 puede verse la gráfica de carga-desplazamiento resultante del ensayo de Tracción Indirecta Seca en probetas elaboradas con

emulsión convencional y modificada, con un contenido de asfalto de 5 % para las tres temperaturas de ensayo.

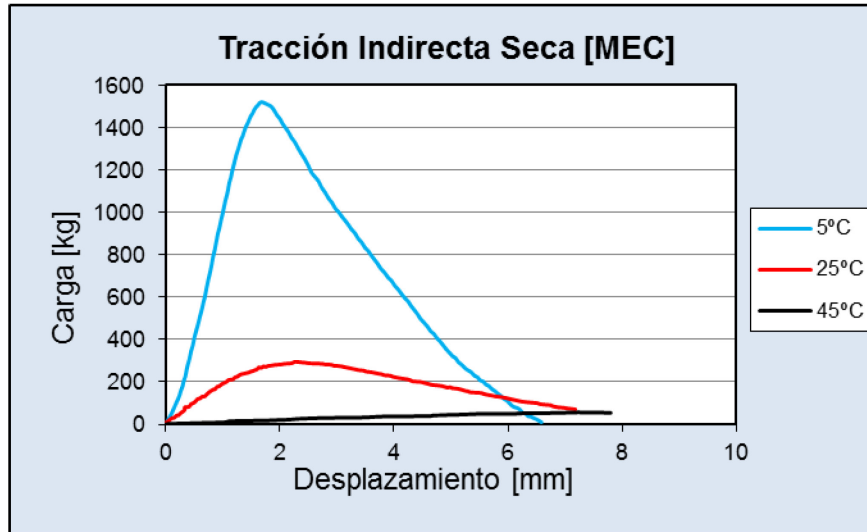


Figura 3.31 - Grafica Carga-Desplazamiento de la RTI Seca para mezclas con emulsión convencional

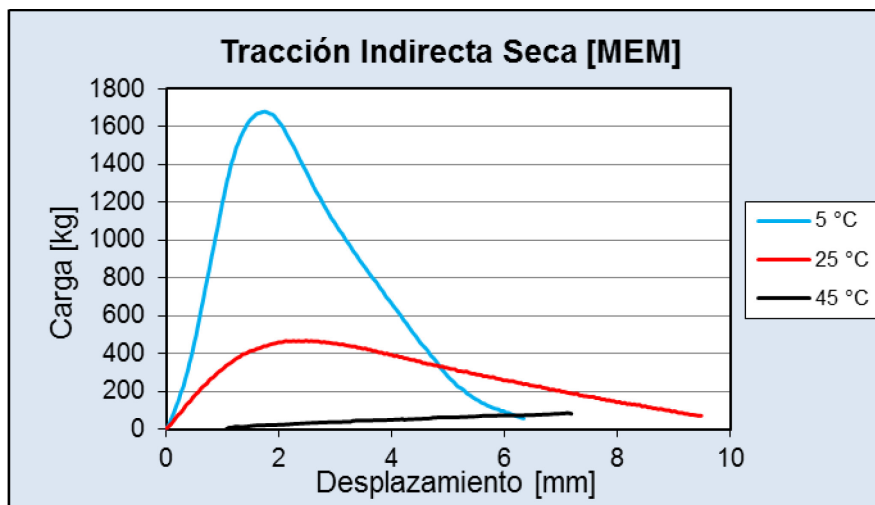


Figura 3.32 - Grafica Carga-Desplazamiento de la RTI Seca para mezclas con emulsión modificada

### 3.1.6.1. Valoración del efecto del agua

Se elaboraron 6 probetas para cada tipo de ligante. El curado de las mezclas en frío se efectuó a 50 °C en estufa durante tres días.

El ensayo de Tracción Indirecta se efectuó a una temperatura de  $5 \pm 1^\circ\text{C}$ .



Figura 3.33 - Ensayo de Tracción Indirecta

En la Tabla 3.15 se reportan los resultados obtenidos para las mezclas en estudio.

	<b>ASFALTO</b> [%]	<b>DENSIDAD</b> [g/cm <sup>3</sup> ]	<b>VACIOS</b> [%]	<b>R.T.I. Seca</b> [MPa]	<b>DENSIDAD</b> [g/cm <sup>3</sup> ]	<b>VACIOS</b> [%]	<b>R.T.I. Saturada</b> [MPa]	<b>RESISTENCIA CONSERVADA</b> [%]
MAC	4	2,320	4,5	2,818	2,338	4,3	2,763	98,04
MEC	4	2,215	11,1	1,253	2,214	11,1	1,251	99,91
MEM	4	2,210	10,7	1,169	2,194	10,9	1,124	96,13
MAC	5	2,369	4,1	3,081	2,369	4,1	3,058	99,28
MEC	5	2,241	9,6	1,569	2,243	9,5	1,333	84,99
MEM	5	2,260	8,8	1,779	2,260	8,8	1,579	88,79
MAC	6	2,403	3,8	3,294	2,406	3,7	3,172	96,31
MEC	6	2,289	7,7	1,821	2,297	7,6	1,819	99,89
MEM	6	2,300	7,5	1,838	2,308	7,5	1,826	99,38

Tabla 3.15 - Resistencia Conservada obtenida del ensayo de RTI

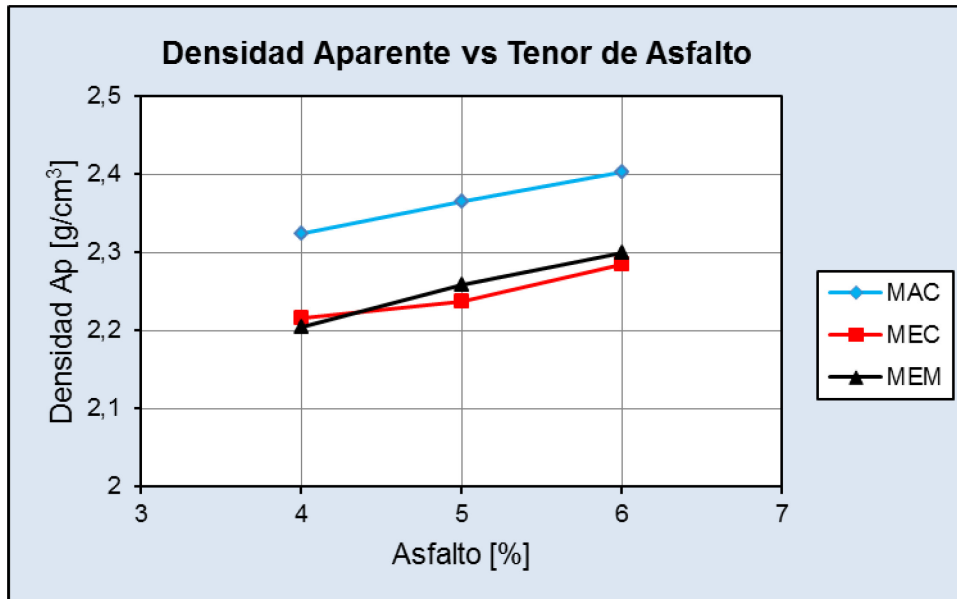


Figura 3.34 - Variación de la Densidad Aparente con el Tenor de Asfalto

La Figura 3.34 muestra que la Densidad Aparente crece con el aumento del tenor de asfalto para los tres tipos de mezclas analizadas siguiendo prácticamente un gradiente similar. En todos los casos el valor de la Densidad Aparente de la mezcla en caliente es entre un 5 % y un 6 % superior respecto a las mezclas en frío.

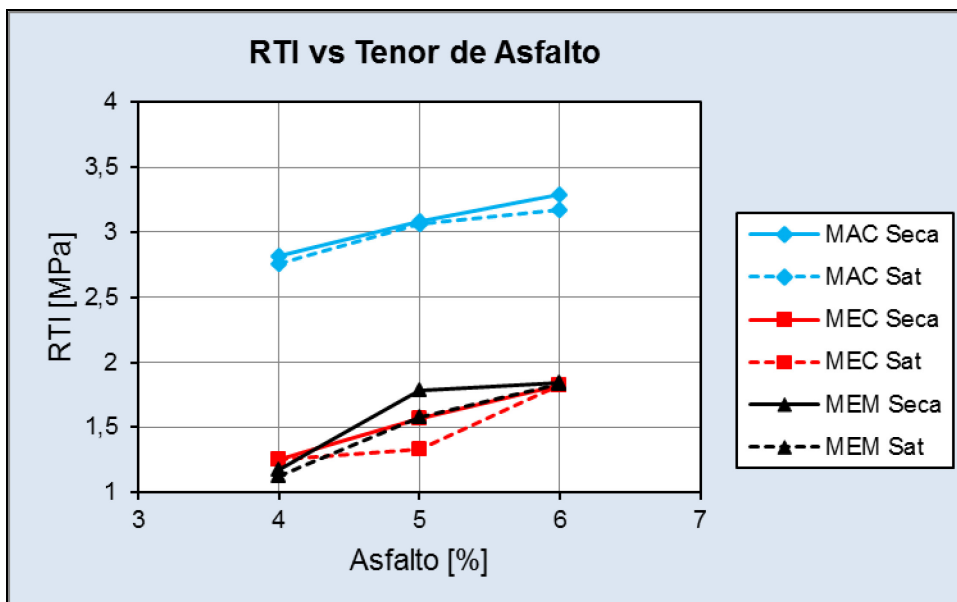


Figura 3.35 - Variación de la RTI a 5 °C con el Tenor de Asfalto

Al analizar los resultados de los ensayos efectuados a 5 °C podemos observar en la Figura 3.35 que en la mezcla asfáltica en caliente tanto la RTI Seca como Saturada

crecen con el aumento del tenor de asfalto, alcanzando valores muy similares para el mismo contenido de betún. En lo que concierne a la mezcla elaborada con emulsión convencional el crecimiento de la RTI Seca mantiene prácticamente el mismo gradiente al pasar el contenido de asfalto de 4 % a 5 % y 6 % respectivamente, mientras que en la RTI Saturada el crecimiento de ésta es menos significativo al pasar de 4 % a 5 %, incrementándose fuertemente al pasar de 5 % a 6 %, hasta alcanzar en éste último tenor prácticamente el mismo valor que la RTI Seca. Mientras que en la mezcla con emulsión modificada la RTI Seca crece al pasar el dosaje de asfalto de 4 % a 5 % y continúa haciéndolo aunque con una pendiente menor al pasar de 5 % a 6 %, en tanto que la RTI Saturada crece manteniendo cierta proporcionalidad a medida que se incrementa el tenor de asfalto.

Para las mezclas en frío se observa que para el tenor de asfalto adoptado (5 %), la elaborada con emulsión modificada presenta valores de densidad y RTI tanto en vía seca como en saturada algo mayores. También presenta un menor tenor de vacíos. Esto nos estaría indicando que la compactación estática con 6 toneladas es más representativa que la conseguida con la carga de 17 toneladas, utilizada en el ensayo de Inmersión-Compresión. Permitiendo una mejor visualización del efecto nocivo de la presencia de agua en las mezclas.

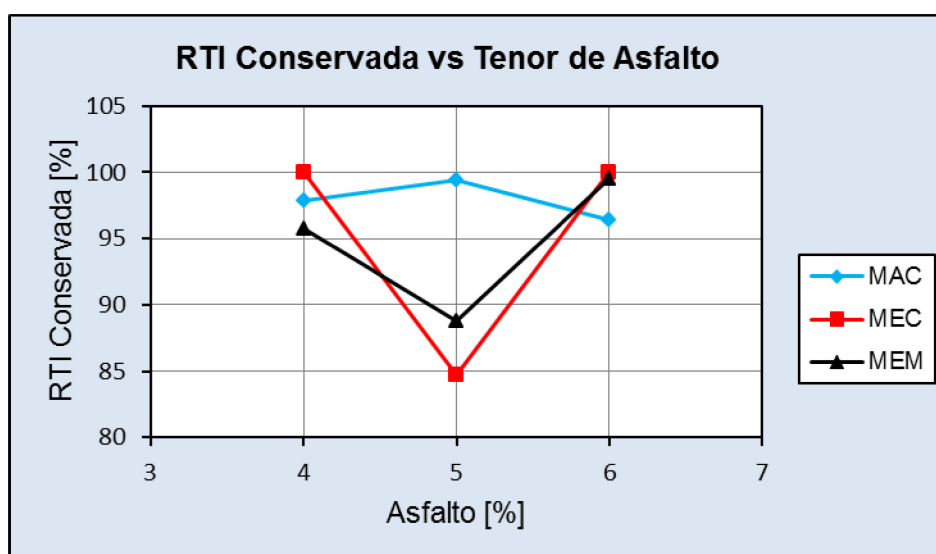


Figura 3.36 -.Variación de la RTI Conservada a 5 °C con el Tenor de Asfalto

La Figura 3.36 precedente permite visualizar que en la mezcla en caliente para un tenor de asfalto de 5 % el valor de la RTI Conservada es del orden del 99 %; mientras que en las mezclas elaboradas en frío para dicho tenor se obtienen valores de RTI Conservadas de aproximadamente 89 % para la emulsión modificada y 85 % para la emulsión convencional, aunque en todos los casos los valores de Resistencia Conservada alcanzados son altamente satisfactorios.

### 3.1.6.2. Valoración del efecto de la temperatura

Para tal fin se fabricaron 6 probetas para cada tipo de ligante y se dividieron en dos subgrupos de características semejantes. Uno de ellos se ensayó a 25 °C y el restante a 45 °C. Los resultados obtenidos son los indicados en la Tabla 3.16 y graficados en la Figura 3.37 y 3.38.

	<b>ASFALTO</b> [%]	<b>DENSIDAD</b> [g/cm <sup>3</sup> ]	<b>VACIOS</b> [%]	<b>R.T.I. 25 °C</b> [MPa]	<b>DENSIDAD</b> [g/cm <sup>3</sup> ]	<b>VACIOS</b> [%]	<b>R.T.I. 45 °C</b> [MPa]
MAC	4	2,325	4,7	0,733	2,316	4,8	0,098
MEC	4	2,216	10,9	0,306	2,216	10,9	0,063
MEM	4	2,215	11,0	0,382	2,196	11,1	0,052
MAC	5	2,361	4,5	0,848	2,360	4,5	0,150
MEC	5	2,235	9,8	0,390	2,231	10,0	0,066
MEM	5	2,258	8,9	0,587	2,253	9,2	0,096
MAC	6	2,401	4,0	0,639	2,401	4,0	0,150
MEC	6	2,276	7,9	0,390	2,277	7,9	0,097
MEM	6	2,296	7,5	0,380	2,296	7,5	0,096

Tabla 3.16 - Resistencia a la Tracción Indirecta a 25 °C y a 45 °C

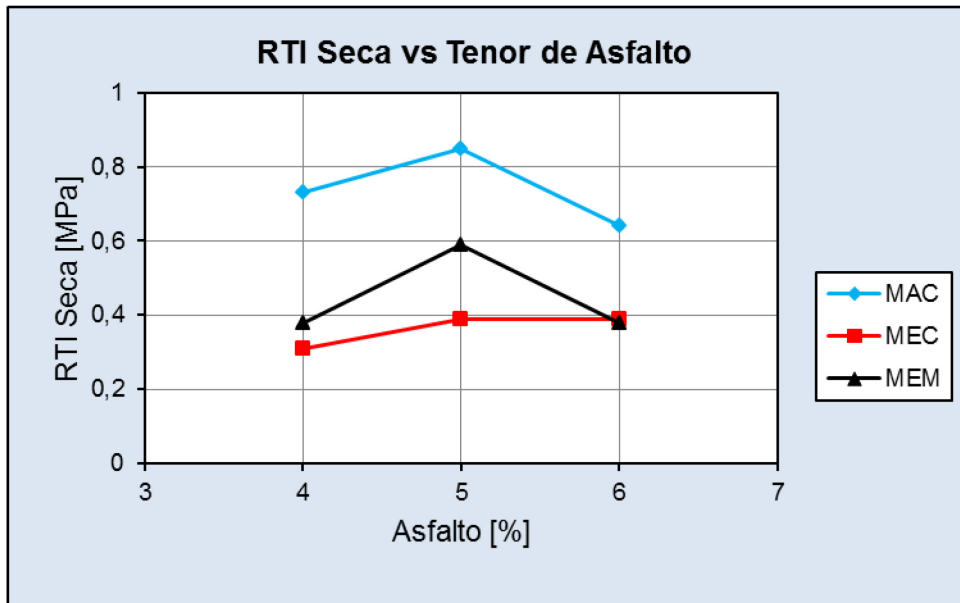


Figura 3.37 - Variación de la RTI Seca a 25 °C con el Tenor de Asfalto

Al efectuar el análisis de las mezclas cuando el ensayo se realiza a 25 °C se observa que la RTI Seca de la mezcla en caliente y de la confeccionada con emulsión modificada guarda una tendencia similar en cuanto a su comportamiento, es decir crece al pasar el contenido de asfalto de 4 % a 5 %, para luego decrecer cuando el tenor de asfalto es de un 6 %, aunque siempre la mezcla en caliente mantiene valores de RTI Seca significativamente superiores (para un tenor de asfalto de 5 % dicho valor es del orden de un 44,5 % más alto). En tanto que la mezcla elaborada con emulsión convencional la RTI crece levemente al pasar de 4 % a 5 % la cantidad de asfalto, manteniéndose constante al pasar de 5 % a 6%. Puede observarse que para el 5% de asfalto la mezcla elaborada con emulsión modificada muestra una mejor performance que la mezcla con emulsión convencional.

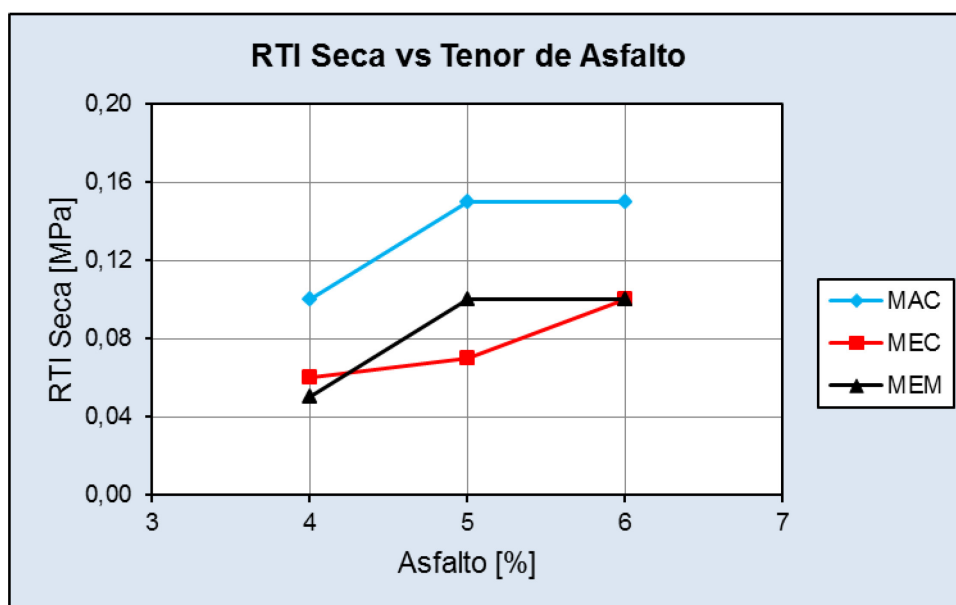


Figura 3.38 - Variación de la RTI Seca a 45 °C con el Tenor de Asfalto

Cuando se ensayan las mezclas a 45 °C observamos que, al igual que a 25 °C, la mezcla en caliente como la elaborada con emulsión modificada se comportan de manera similar a medida que se incrementa el contenido de asfalto en lo concerniente a la RTI Seca, es decir, aumenta siguiendo prácticamente el mismo gradiente cuando el tenor pasa de 4 % a 5 % y no registra variaciones en los valores de dicha Resistencia en ambas mezclas cuando el citado contenido pasa de 5 % a 6 %, manteniendo en todos los casos la RTI Seca de la mezcla en caliente valores superiores (aproximadamente 56 % para un 5 % de asfalto). En la mezcla con emulsión convencional la RTI Seca crece con el incremento del contenido de asfalto, haciéndose más notorio al pasar de 5 % a 6 %, alcanzando en este último dosaje el valor de RTI Seca de la mezcla con emulsión modificada.

La Figura 3.39 muestra como varía la RTI Seca con la temperatura en los tres tipos de mezclas estudiadas, las cuales en este caso en particular fueron elaboradas con un tenor de asfalto de 5 %.

Como era dable esperar, en todos los casos el valor de la RTI Seca cae con el incremento de la temperatura de ensayo, alcanzándose prácticamente el mismo valor entorno a los 45 °C. Es de destacar que una conducta similar se manifestó cuando las mezclas se confeccionaron con tenores de 4 % y 6 %.



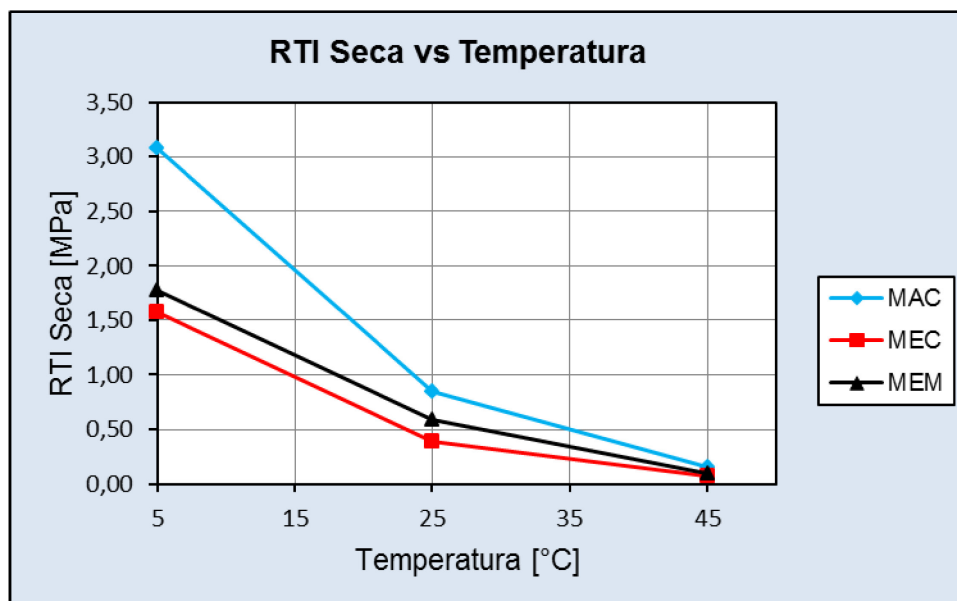


Figura 3.39. Variación de la RTI Seca con la Temperatura de Ensayo para un tenor de asfalto de 5%

Asimismo puede apreciarse que la caída de la resistencia con la temperatura de ensayo en valor absoluto es mayor para la mezcla en caliente, pues la pérdida de resistencia es de 2.93 MPa. Sin embargo si se consideran las pérdidas de resistencia en valores relativos, los porcentajes de disminución son similares para las distintas mezclas, cuando la temperatura de ensayo pasa de 5 °C a 45 °C, oscilando entre un 95 % y un 96 %. Esto indicaría que a temperaturas elevadas el ensayo no permite discernir claramente el comportamiento entre las distintas mezclas.

Las planillas y los restantes gráficos del ensayo de Resistencia a la Tracción Indirecta se presentan en el Anexo A.

### 3.1.7. Módulo de Rigidez

Es un módulo resiliente por compresión diametral, se obtuvo con el ensayo de Tracción Indirecta sobre probetas cilíndricas siguiendo el procedimiento fijado por la Norma UNE-EN 12697-26-2012 Anexo C. Se aplican impulsos de carga repetidos con períodos de descanso. La carga tiene la forma de una onda de medio seno o parecida. El tipo de carga y un esquema del equipo que se utiliza pueden apreciarse en las Figuras 3.40 y 3.41 obtenidas de dicha Norma.

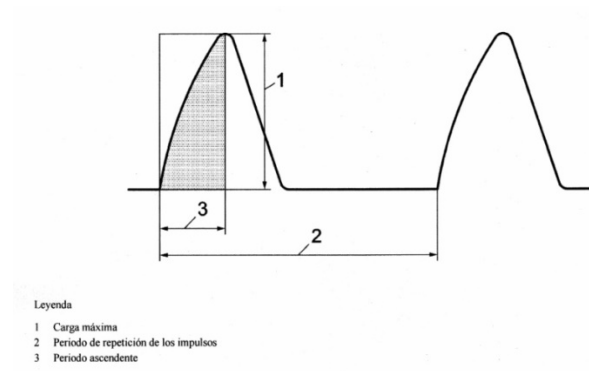


Figura 3.40 - Forma de la carga aplicada a las probetas en el ensayo de Módulo de Rigidez.

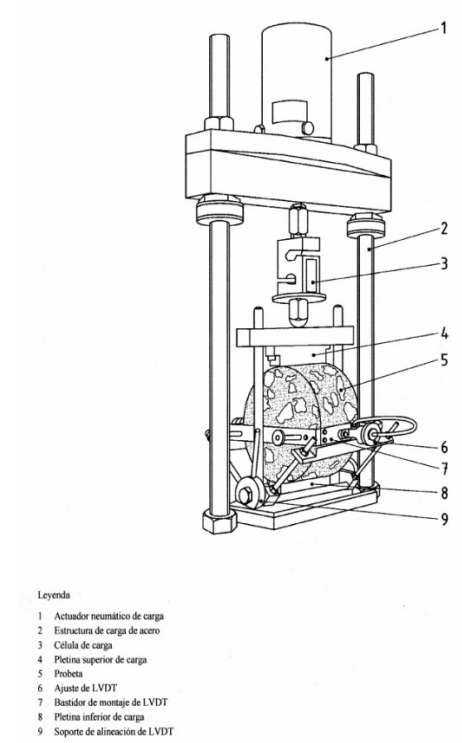


Figura 3.41 - Esquema del equipo para ensayo de Módulo de Rigidez

Las probetas a ensayar son tipo Marshall. Como paso previo, se trazan dos diámetros opuestos sobre las caras de éstas y se acondicionan las mismas a la temperatura de ensayo. Luego se colocan en el equipo en posición de ensayo y se ajustan los LVDT.

Los primeros 10 impulsos de carga que se aplican son para acondicionamiento y no se consideran sus lecturas. Seguidamente se aplican 5 impulsos de carga adicionales y se registran la deformación diametral horizontal y la carga, y se determina el factor de superficie de carga.

Utilizando las mediciones citadas precedentemente, para cada impulso de carga se determina el módulo de rigidez con la siguiente formula:

$$E = \frac{F \times (v + 0,27)}{(z \times h)}$$

Donde:

E = Módulo de Rigidez medido en megapascales

F = Valor máximo de la carga vertical aplicada en newtons

z = Amplitud de la deformación horizontal en milímetros

h = Espesor medio de la probeta en milímetros

v = Coeficiente de Poisson

Al valor del módulo medido se le efectúa un ajuste de superficie mediante la siguiente ecuación:

$$E' = E \times (1 - 0,322 \times (\log(E) - 1,82) \times (0,60 - k))$$

Donde:

E' = Módulo de Rigidez para un factor de superficie de carga de 0,60

E = Módulo de Rigidez medido para un factor de carga k

k = Factor de superficie de carga medido

Posteriormente se retira la probeta, se gira 90 ° y se repite el ensayo.

El valor del módulo obtenido en este segundo ensayo debe estar comprendido entre el + 10 % y el - 20 % del valor medio registrado en el primer ensayo. El valor del Módulo de Rigidez es el promedio de los dos ensayos.



Figura 3.42 - Equipo utilizado para el ensayo de Módulo de Rigidez de la UIDIC de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata

A tal efecto se confeccionaron con los distintos tipos y contenidos de ligantes probetas Marshall, siguiendo la misma metodología empleada en la elaboración de probetas para el ensayo de Resistencia a la Tracción Indirecta.

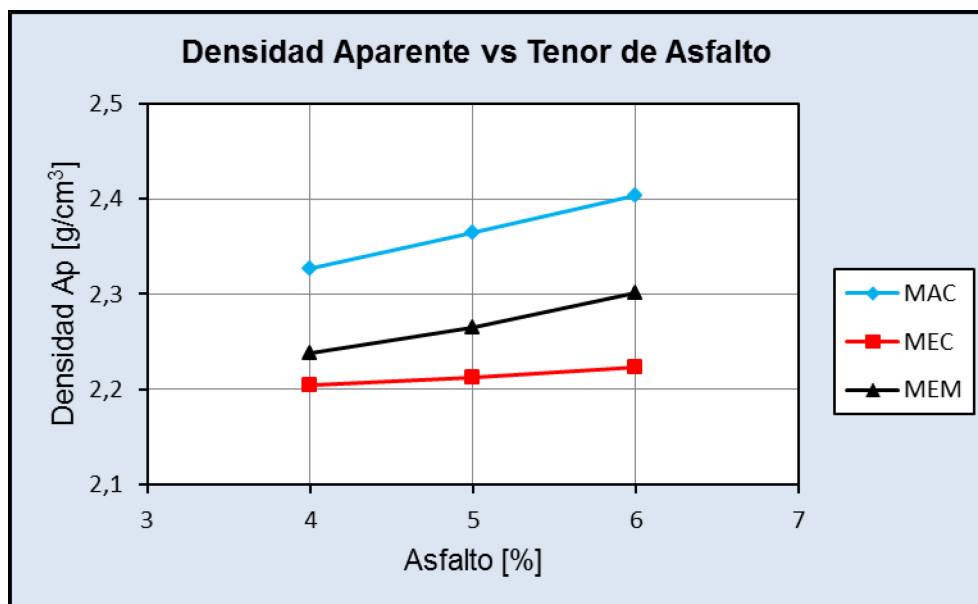


Figura 3.43 - Variación de la Densidad Aparente con el tenor de Asfalto

La Figura 3.43 muestra que la Densidad Aparente crece con el aumento del tenor de asfalto para los tres tipos de mezclas analizadas siguiendo prácticamente un gradiente similar. En todos los casos el valor de la Densidad Aparente de la mezcla en caliente es entre un 4 % y un 8 % superior respecto a las mezclas en frío.

En el Anexo A pueden observarse -para los tres dosajes de ligante, y las tres temperaturas de ensayo y frecuencia de aplicación de la carga- los resultados de los ensayos de Módulo de Rigidez efectuados a la mezcla asfáltica en caliente y a las mezclas en frío elaboradas con emulsión convencional y modificada respectivamente.

A continuación se presentan los resultados obtenidos tras llevar a cabo el ensayo de Módulo de Rigidez sobre las tres mezclas asfálticas analizadas, a tres temperaturas de ensayo (5° C, 25° C y 45 °C) y con tres frecuencias de aplicación de carga (0,33 Hz, 0,50 Hz y 1 Hz). Dichos resultados se graficaron en escala semilogarítmica.

En primer lugar, se presentan los resultados recogidos según el tipo de mezcla y la frecuencia empleada, con objeto de analizar el efecto del contenido de asfalto en cada una de ellas, Figuras 3.44 a 3.52.

En el caso de la mezcla asfáltica en caliente, la tendencia observada es prácticamente la esperada, aunque los valores registrados son sensiblemente bajos: a la temperatura de ensayo más baja, 5 °C, los módulos varían entre 16.905 MPa y 9.082 MPa a la frecuencia de 0,33 Hz, en función del contenido de asfalto (en orden decreciente, de 4 % a 6 %), mientras que pueden llegar a valores de 28.959 MPa y 17.283 MPa cuando la frecuencia es de 1 Hz, tal como puede observarse en las Figuras 3.44, 3.45 y 3.46.

Considerando la frecuencia como variable y en términos medios, puede decirse que, a esta temperatura de ensayo, los valores se incrementan aproximadamente entre un 52 % y un 90 % con el aumento de la frecuencia de ensayo entre 0,33 y 1 Hz.

A la temperatura intermedia, 25 °C, los resultados también varían notablemente con la frecuencia de ensayo. A la frecuencia más baja, 0,33 Hz, los módulos se reducen de 3.448 MPa a 1.639 MPa a medida que el contenido de asfalto aumenta de 4 % a 6 %. A la frecuencia de 0,50 Hz, los módulos descienden de 4.459 MPa a 2.585 MPa, y a la frecuencia de 1 Hz, esta variación pasa de 5.250 MPa a 3.277 MPa.

Si consideramos la frecuencia como punto de comparación, podemos decir nuevamente que los valores crecen entre un 40 % y un 100 % cuando la frecuencia de ensayo sube de 0,33 a 1 Hz.

Cuando se observan los resultados obtenidos a la temperatura más alta, 45 °C, los resultados también descienden conforme aumenta el contenido de asfalto. A 0,33 Hz, los módulos bajan de 482 MPa a 230 MPa, pero estos valores se mantienen bastante estables al cambiar la frecuencia. A la frecuencia de 0,50 Hz, los módulos se reducen de 554 MPa a 235 MPa, mientras que a la frecuencia de 1 Hz, los módulos disminuyen de 696 MPa a 251 MPa. Estos resultados permiten apreciar el cambio de comportamiento de las mezclas en caliente con la temperatura a 45 °C, dado que los módulos han permanecido más estables, se acrecientan entre un 9 % y un 44 % cuando la frecuencia de ensayo crece de 0,33 a 1 Hz.

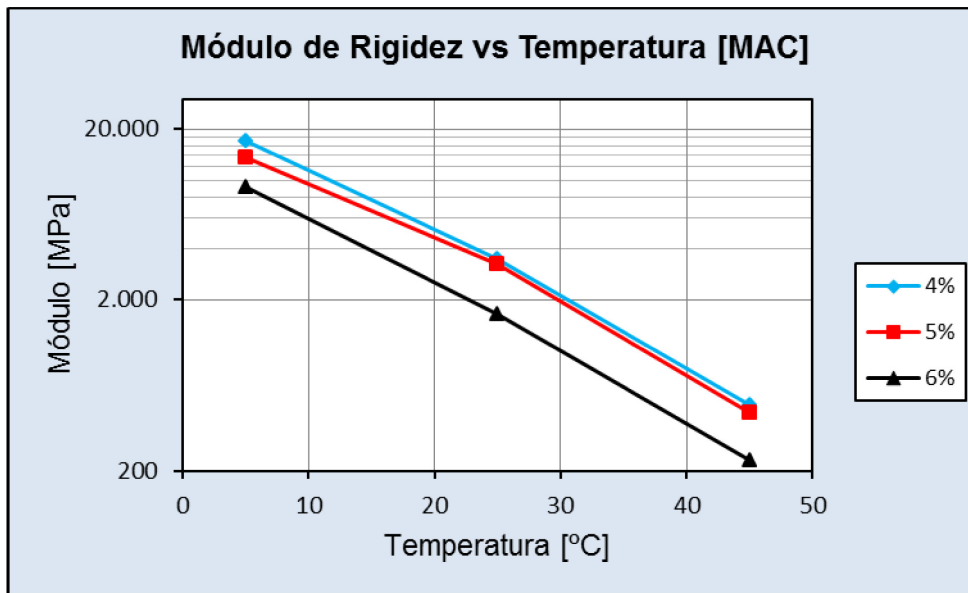


Figura 3.44 - Módulo de Rigidez en función de la temperatura para la mezcla asfáltica en caliente [MAC], a la frecuencia de 0,33 Hz

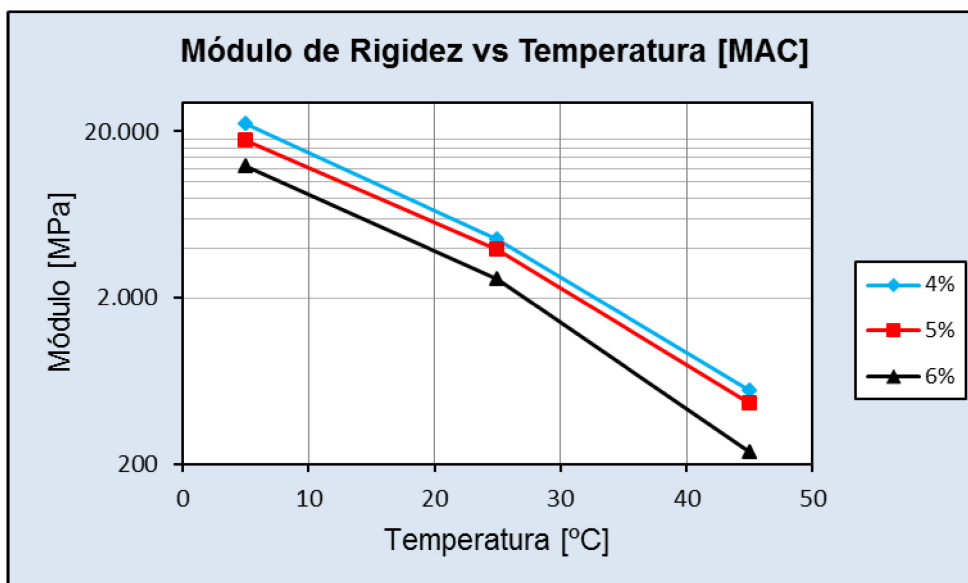


Figura 3.45 - Módulo de Rigidez en función de la temperatura para la mezcla asfáltica en caliente [MAC] a la frecuencia de 0,50 Hz

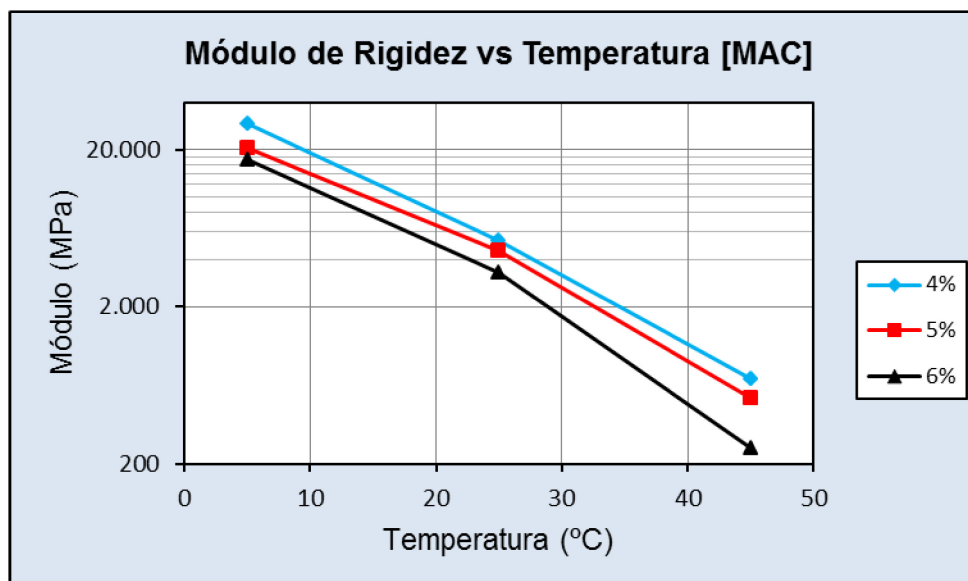


Figura 3.46 - Módulo de Rigidez en función de la temperatura para la mezcla asfáltica en caliente [MAC], a la frecuencia de 1 Hz

En el caso de las mezclas con emulsión convencional, se observa una tendencia del módulo al aumentar el contenido del ligante de características similares a la que presentan las mezclas en caliente.

El análisis comparativo de los resultados obtenidos ha permitido resumir la siguiente descripción:

A la temperatura de ensayo más baja, 5 °C, los módulos varían entre 9.392 MPa y 6.886 MPa en función del contenido de asfalto (al pasar de 4 % a 6 %) cuando se emplea la frecuencia más baja de 0,33 Hz, mientras que oscilan entre 11.342 MPa y 8.019 MPa cuando se emplea la frecuencia más alta, de 1 Hz, tal como puede observarse en las Figuras 3.47, 3.48 y 3.49. La importante diferencia en el comportamiento de estas mezclas con respecto a las mezclas en caliente se pone en evidencia al observar el menor efecto de la frecuencia de ensayo en los valores de módulos obtenidos. Los módulos han ascendido como máximo un 21% al pasar de 0,33 Hz a 1 Hz.

A la temperatura intermedia, 25 °C, para las tres frecuencias de ensayo, los módulos varían entre un 21 % y un 83 % en función del contenido de asfalto: entre 2.218 MPa y 1.212 MPa para la frecuencia del 0,33 Hz, entre 2.538 MPa y 2.088 MPa para la frecuencia media de 0,50 Hz y entre 3.270 MPa y 2.427 MPa para la mayor frecuencia, de 1 Hz.

Cuando se analizan los resultados obtenidos a la temperatura más alta, 45 °C, puede observarse que a la frecuencia de 0,33 Hz, los módulos varían desde 298 MPa a 148 MPa, a 0,50 Hz oscilan entre 332 MPa y 154 MPa, mientras que a 1 Hz, los módulos se encuentran entre 456 MPa y 191 MPa.

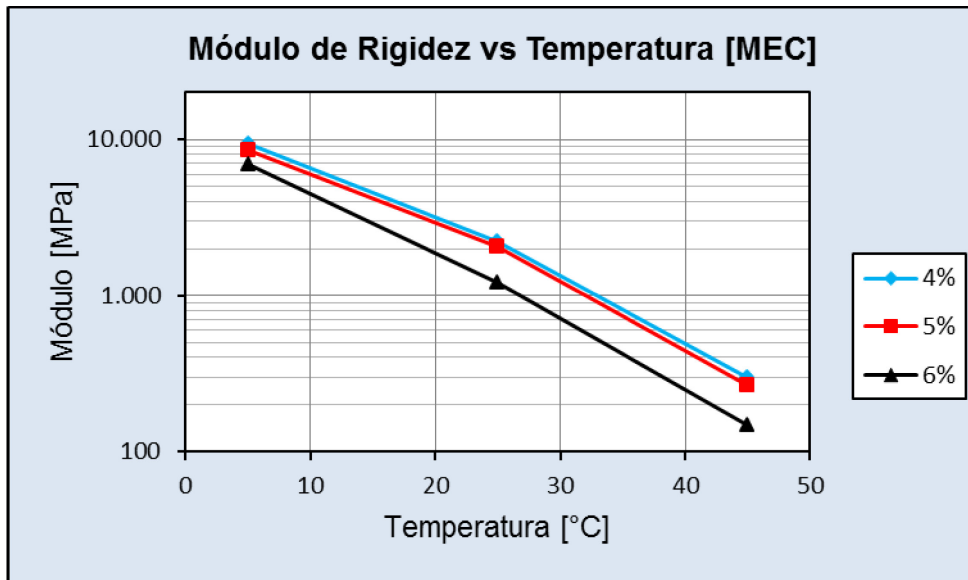


Figura 3.47 - Módulo de Rigidez en función de la temperatura para la mezcla con emulsión convencional [MEC], a la frecuencia de 0,33 Hz

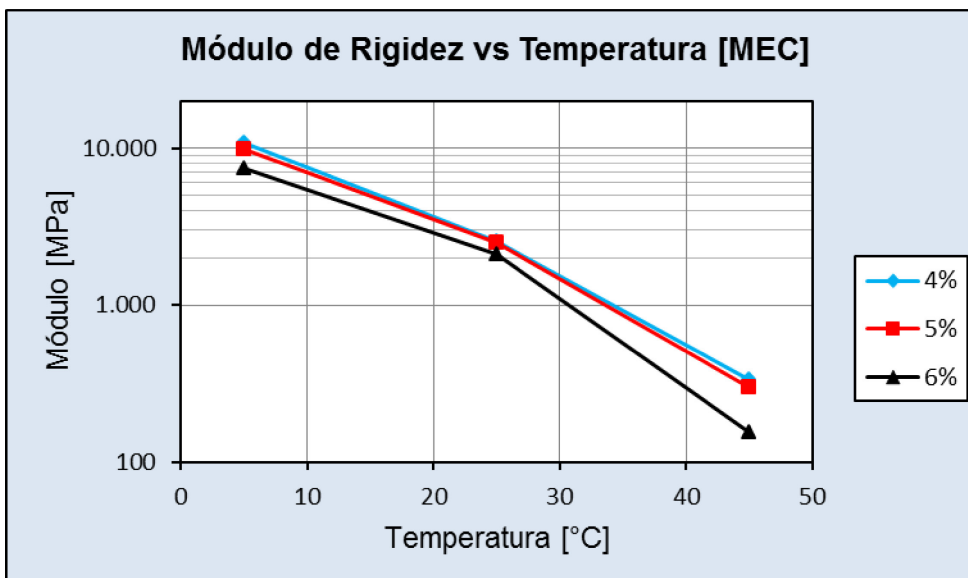


Figura 3.48 - Módulo de Rigidez en función de la temperatura para la mezcla con emulsión convencional [MEC], a la frecuencia de 0,50 Hz



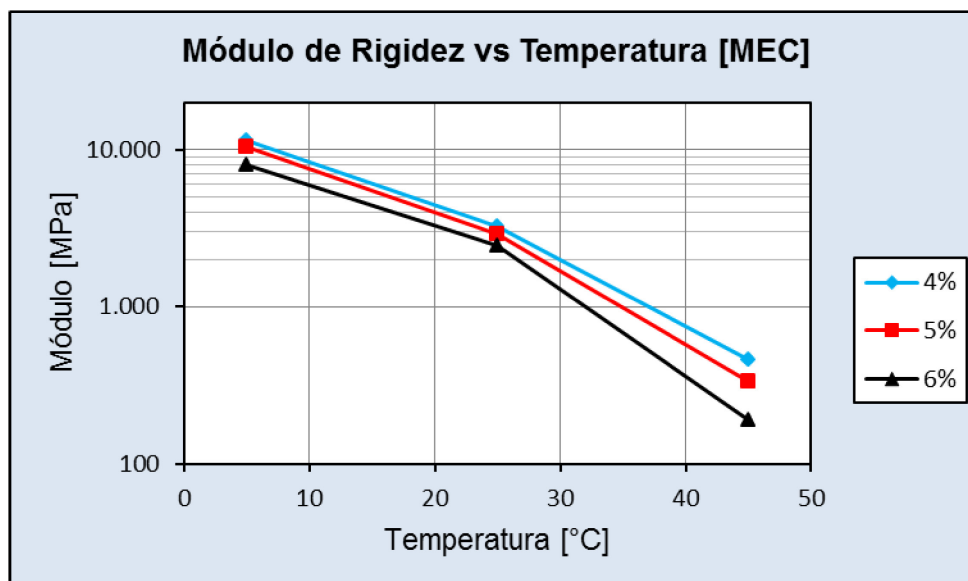


Figura 3.49 - Módulo de Rigidez en función de la temperatura para la mezcla con emulsión convencional [MEC], a la frecuencia de 1 Hz

En el caso de las mezclas con emulsión modificada, se reitera la misma tendencia que en las mezclas anteriores: al aumentar el contenido del ligante el módulo disminuye para todas las frecuencias de carga, tal como se puede apreciar en las Figuras 3.50, 3.51 y 3.52.

A la temperatura de ensayo más baja, 5 °C, y a la frecuencia de 0,33 Hz, los módulos descienden alrededor de un 33 %, variando desde 10.535 MPa hasta 7.021 MPa cuando el contenido de asfalto pasa de 4 % al 6 %.

Un comportamiento similar se observa a las otras frecuencias: a 0,50 Hz los módulos se reducen de 11.605 MPa a 7.944 MPa, mientras que a 1 Hz, el descenso es de 11.857 MPa a 8.846 MPa.

En tanto que a 25 °C, cuando el contenido de asfalto pasa de 4 % a 6 %, a la frecuencia de ensayo de 0,33 Hz, los módulos pasan de 2.266 MPa hasta 1.304 MPa; a la frecuencia de 0,50 Hz van de 2.697 MPa a 2.175 MPa, y a la frecuencia de 1 Hz, los módulos decrecen de 3.385 MPa a 2.582 MPa.

Finalmente, a la temperatura de 45 °C, a la frecuencia de 0,33 Hz, los módulos caen de 310 MPa a 162 MPa, a la frecuencia de 0,50 Hz, los módulos pasan de 366 MPa a 183 MPa, y a la frecuencia de 1 Hz, los módulos bajan de 489 MPa a 236 MPa.

Al pasar de un contenido de asfalto del 5 % al 6 %, se observa un descenso del módulo en todos los casos, aunque más marcado que cuando se pasa de 4 % a 5 %.

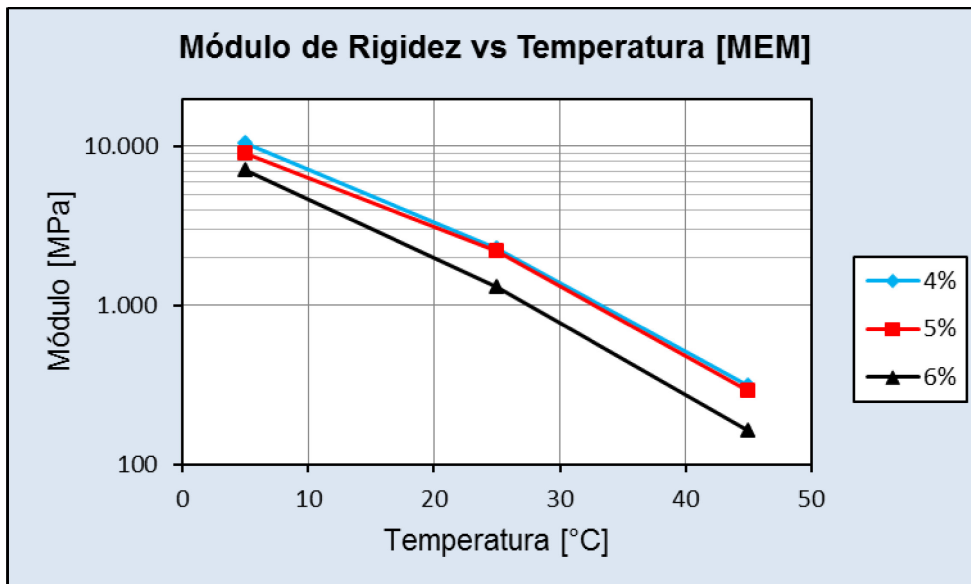


Figura 3.50 - Módulo de Rigidez en función de la temperatura para la mezcla con emulsión modificada [MEM], a la frecuencia de 0,33 Hz

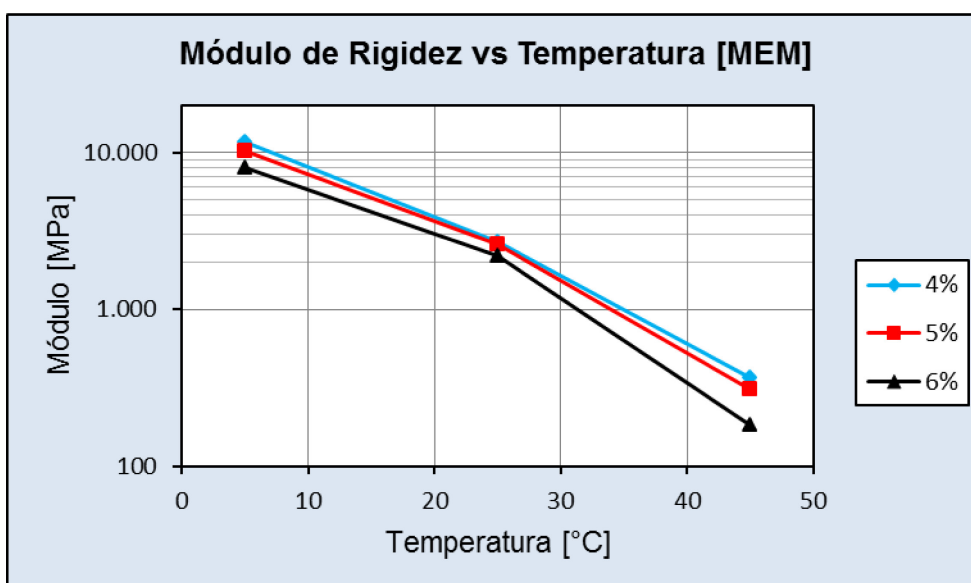


Figura 3.51 - Módulo de Rigidez en función de la temperatura para la mezcla con emulsión modificada (MEM), a la frecuencia de 0,50 Hz

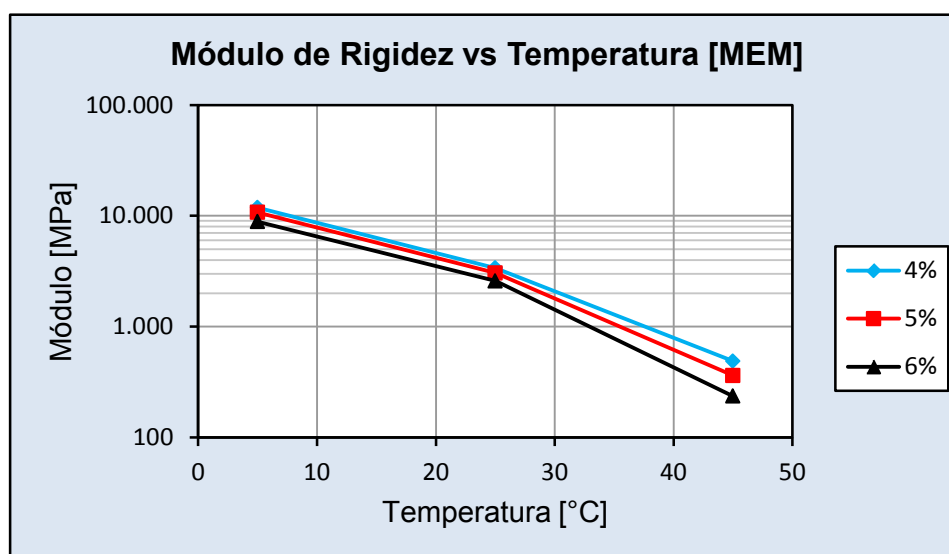


Figura 3.52 - Módulo de Rigidez en función de la temperatura para la mezcla con emulsión modificada [MEM], a la frecuencia de 1 Hz

Para evaluar el orden de magnitud de los resultados obtenidos con las mezclas con emulsión, se han graficado los módulos de los tres tipos mezclas juntas, en función del contenido de asfalto y la frecuencia de ensayo, como se puede ver en las Figuras 3.53 a 3.61.

Las Figuras 3.53, 3.54 y 3.55 muestran los resultados obtenidos para un 4% de asfalto.

En ellas se puede observar que, a 5 °C y a las tres frecuencias de ensayo, los módulos de las mezclas con ambas emulsiones se reducen aproximadamente entre un 61 % y un 38 % con respecto a los valores obtenidos con las mezclas en caliente (el efecto es algo superior en las mezclas con emulsión convencional).

Las tendencias observadas son similares al comparar las otras temperaturas, aunque algo más atenuadas: a 25 °C el módulo de las mezclas con emulsión convencional y modificada se reduce entre un 43 % y un 34 % (aquí el efecto también es algo superior en las mezclas con emulsión convencional).

Mientras que a 45 °C, la reducción del módulo es entre un 40 % y un 30 %. Las mezclas con emulsión convencional siempre son las que ponen de manifiesto los módulos más bajos.

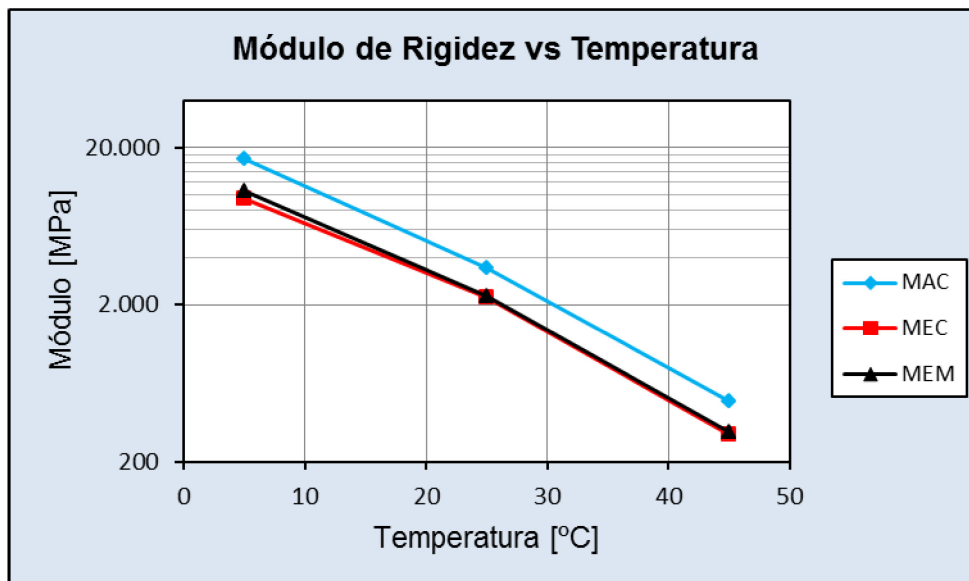


Figura 3.53 - Módulo de Rigidez en función de la temperatura para un contenido de asfalto del 4% y una frecuencia de 0,33 Hz

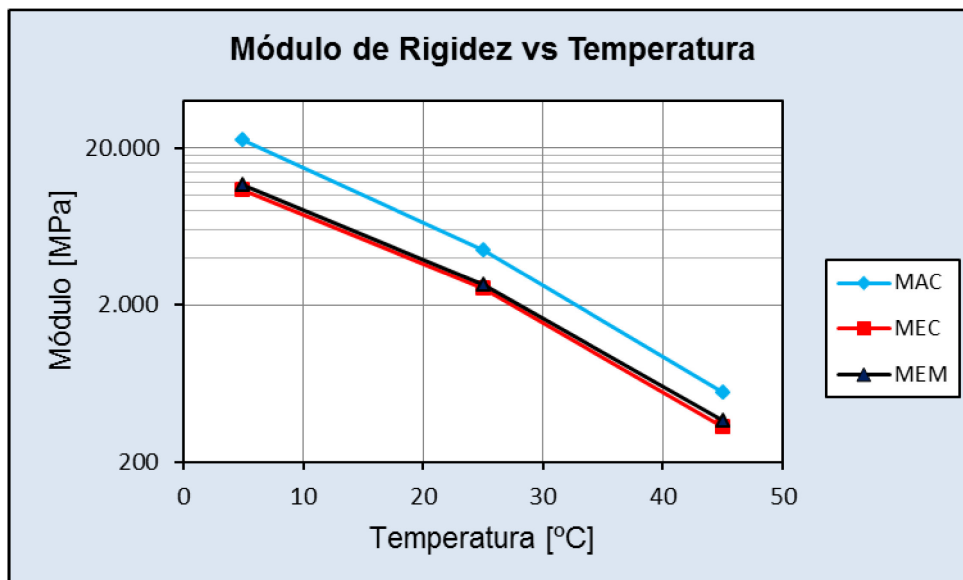


Figura 3.54 - Módulo de Rigidez en función de la temperatura para un contenido de asfalto del 4% y una frecuencia de 0,50 Hz

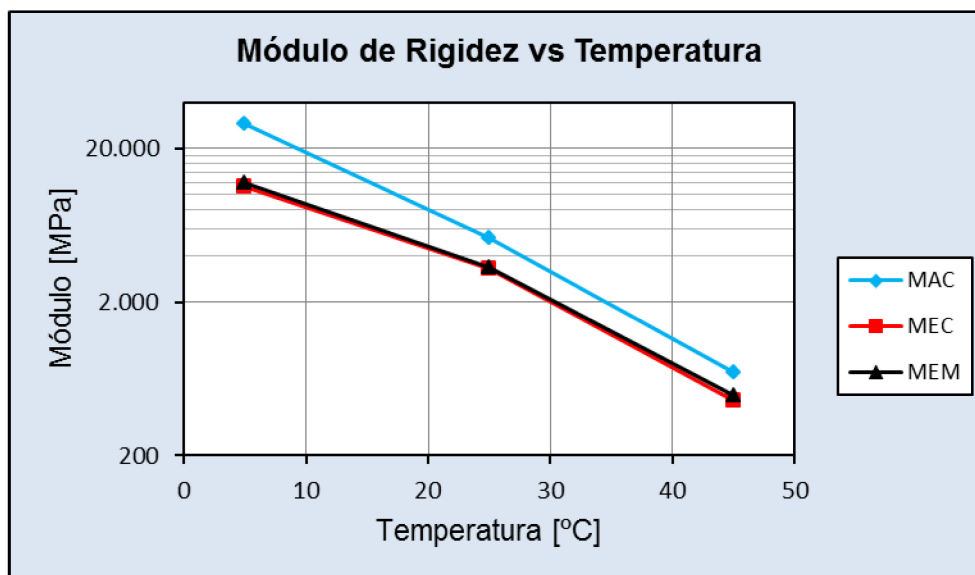


Figura 3.55 - Módulo de Rigidez en función de la temperatura para un contenido de asfalto del 4% y una frecuencia de 1 Hz

Las Figuras 3.56, 3.57 y 3.58 muestran los resultados obtenidos para las mezclas elaboradas con un 5 % de asfalto. A 5 °C, también se aprecia la misma tendencia de reducción de módulo para ambas mezclas con emulsión, de aproximadamente entre un 50 % y un 34 % (mostrando siempre una mayor reducción cuanto mayor es la frecuencia de ensayo).

A 25 °C las mezclas con emulsión continúan disminuyendo sus módulos en relación a las mezclas en caliente, los valores oscilan entre un 37 % y un 32 % (la reducción de los valores del módulo se mantiene estables independientemente de la frecuencia que se analice).

A 45 °C se reitera la misma tendencia, los módulos de las mezclas en frío decrecen entre un 39 % y un 30 % respecto a la mezcla en caliente. Siempre los menores valores de módulo se registran en las mezclas con emulsión convencional.

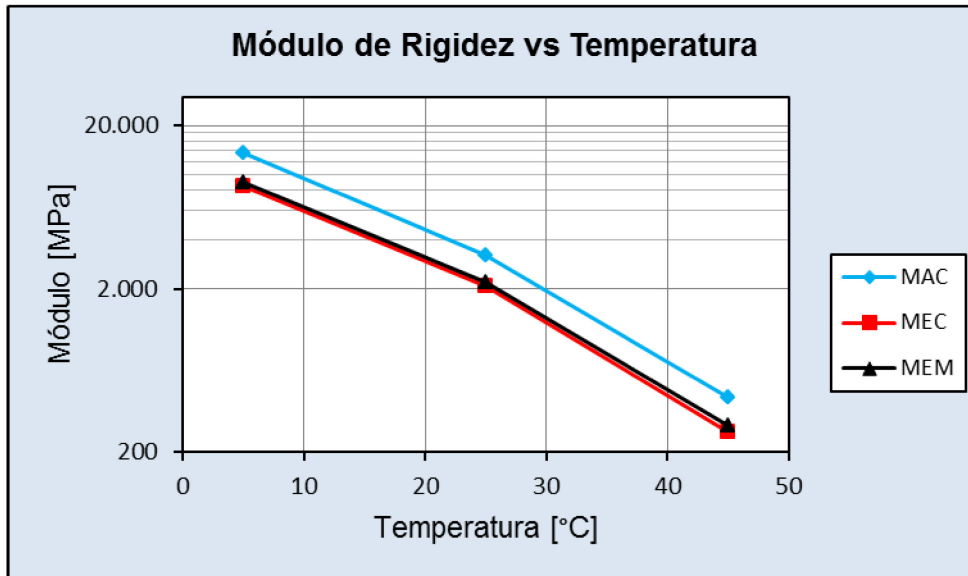


Figura 3.56 - Módulo de Rigidez en función de la temperatura para un contenido de asfalto del 5% y una frecuencia de 0,33 Hz

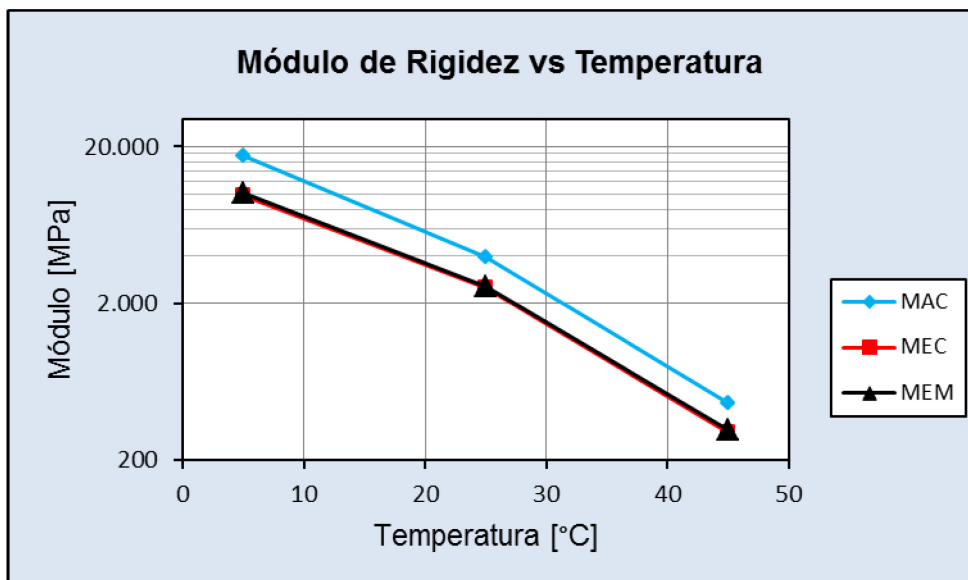


Figura 3.57 - Módulo de Rigidez en función de la temperatura para un contenido de asfalto del 5% y una frecuencia de 0,50 Hz

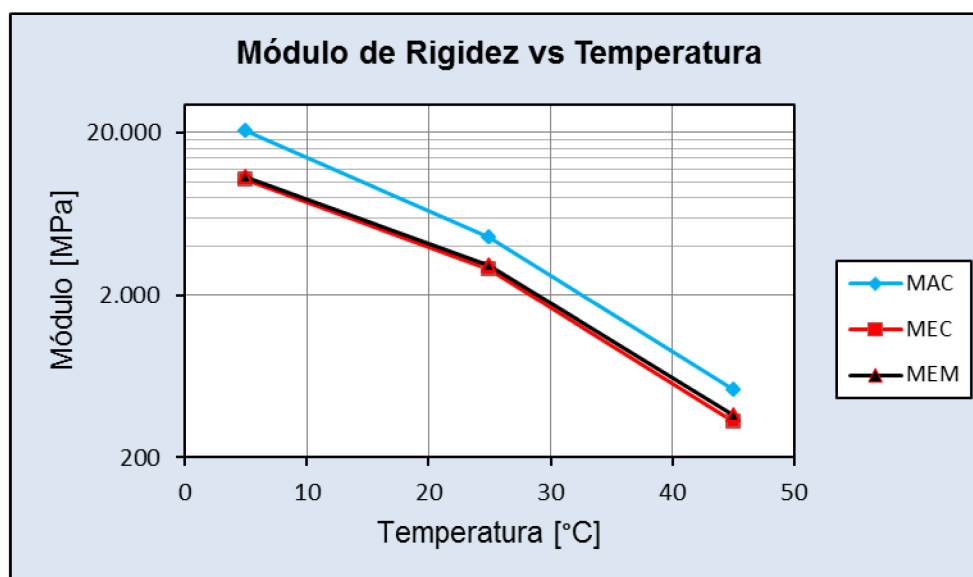


Figura 3.58 - Módulo de Rigidez en función de la temperatura para un contenido de asfalto del 5% y una frecuencia de 1 Hz

Finalmente, con el 6 % de asfalto, las dos mezclas con emulsión presentan menores valores de módulo para todas las temperaturas y frecuencias estudiadas respecto al módulo de la mezcla en caliente, como lo muestran las Figuras 3.59, 3.60 y 3.61.

A 5 °C los módulos de las mezclas con emulsión siempre son menores que el valor del módulo de la mezcla en caliente. Según la frecuencia que se analice, esa disminución varía entre un 54 % y un 23 % (la mayor caída se da a la frecuencia de 1 Hz).

Para una temperatura de ensayo de 25 °C, la disminución del módulo de las mezclas en frío oscila entre un 26 % y un 16 % con relación a la mezcla en caliente. La mezcla con emulsión convencional presenta valores de módulo algo inferior al de la mezcla con emulsión modificada.

Cuando se analiza el comportamiento de las mezclas a 45 °C todos los resultados obtenidos son muy bajos, oscilando entre 148 MPa y 251 MPa.

Del estudio del módulo de rigidez puede concluirse que en todos los casos se reitera una tendencia: los mayores módulos siempre correspondieron a las mezclas en caliente, seguidos de los módulos de las mezclas con emulsión modificada y en último lugar, los módulos de las mezclas con emulsión convencional.

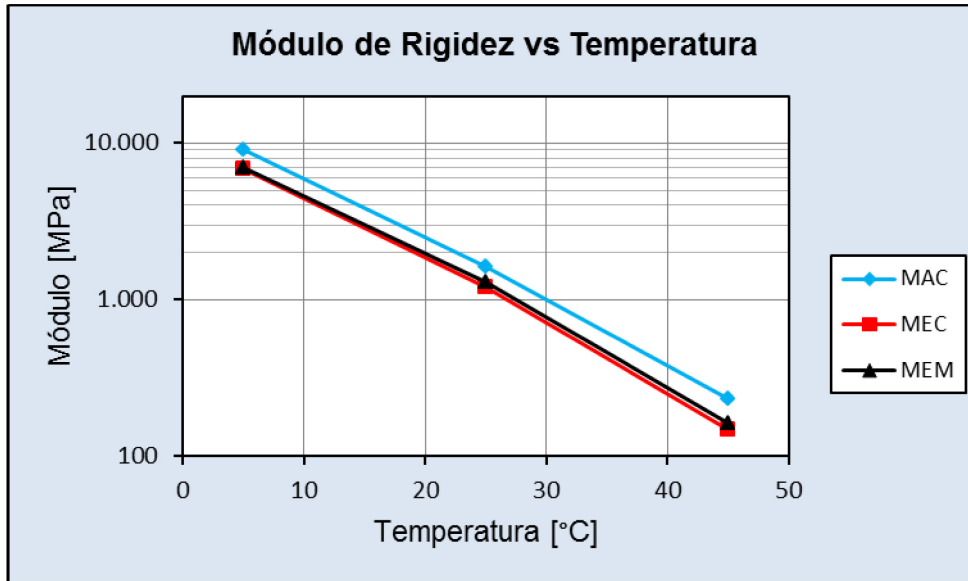


Figura 3.59 - Módulo de Rigidez en función de la temperatura para un contenido de asfalto del 6% y una frecuencia de 0,33 Hz

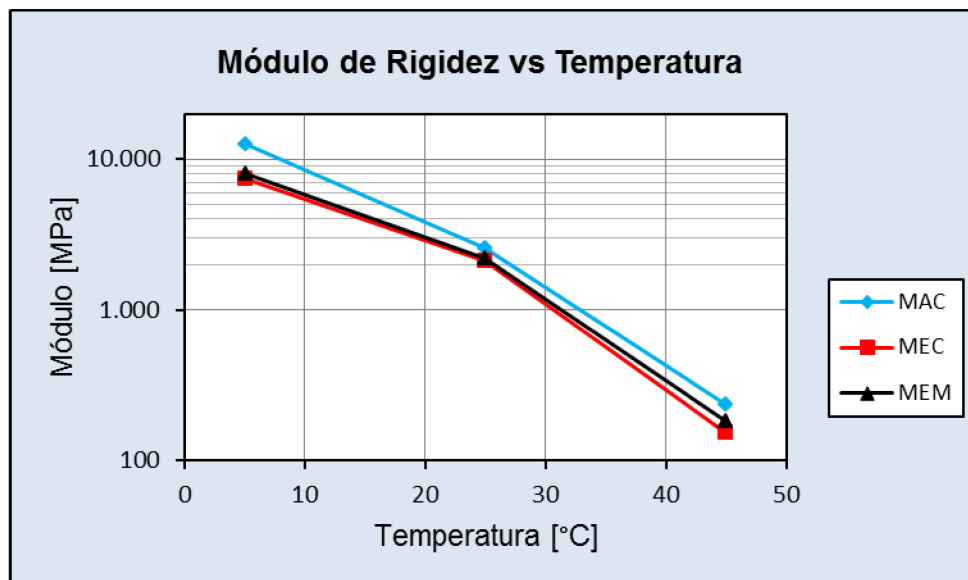


Figura 3.60 - Módulo de Rigidez en función de la temperatura para un contenido de asfalto del 6% y una frecuencia de 0,50 Hz



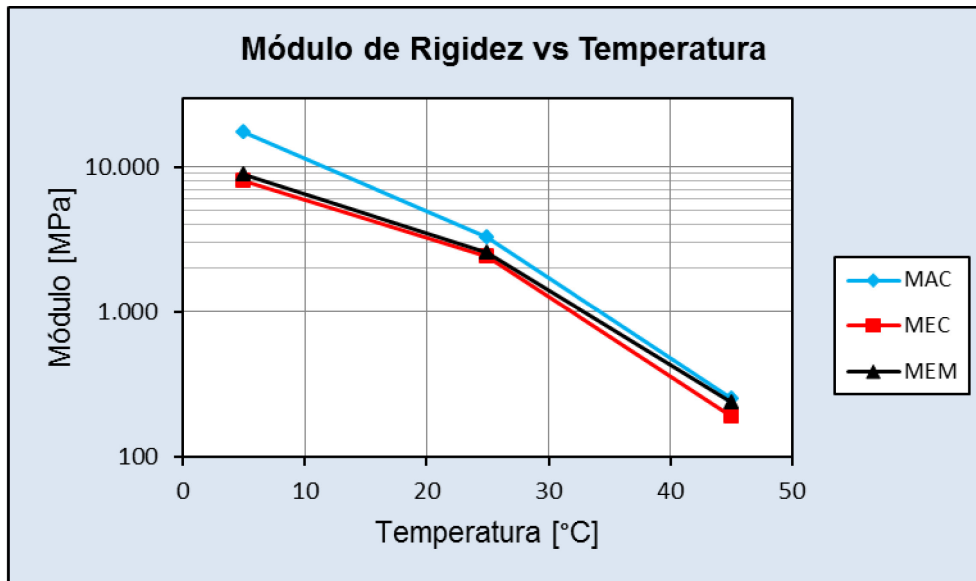


Figura 3.61 - Módulo de Rigidez en función de la temperatura para un contenido de asfalto del 6% y una frecuencia de 1 Hz

Las Figuras 3.62, 3.63 y 3.64 muestran como varía el valor del módulo de rigidez, según el contenido de ligante, en las tres mezclas para una frecuencia de carga de 1 Hz a 5 °C, 25 °C y 45 °C respectivamente.

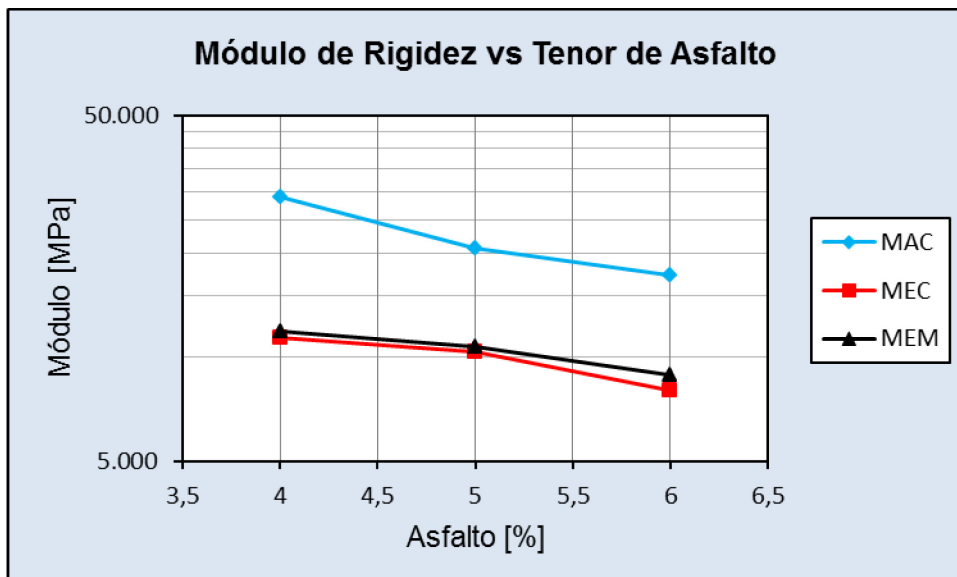


Figura 3.62 - Variación del Módulo de Rigidez a una frecuencia de 1 Hz y a una temperatura de ensayo de 5 °C

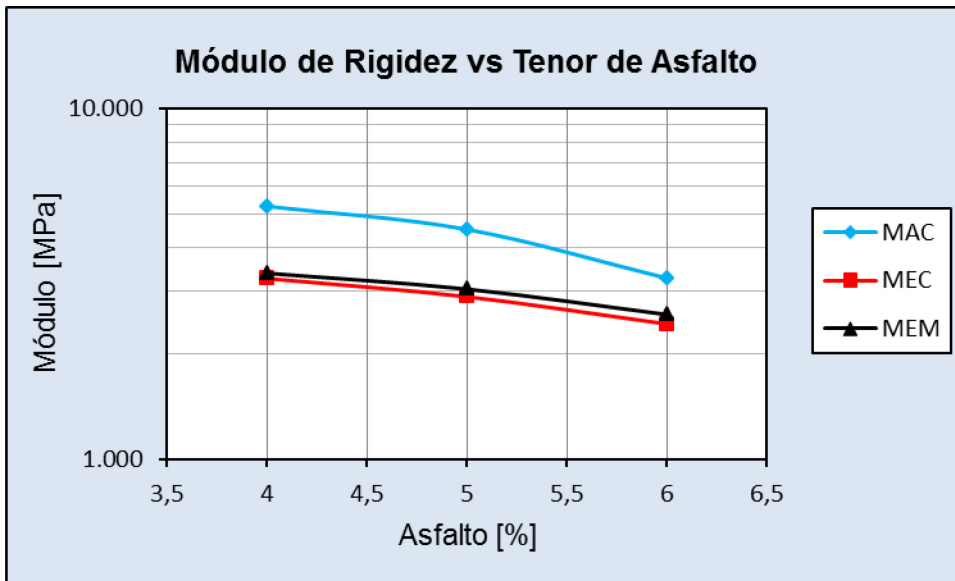


Figura 3.63 -Variación del Módulo de Rigidez a una frecuencia de 1 Hz y a una temperatura de ensayo de 25 °C

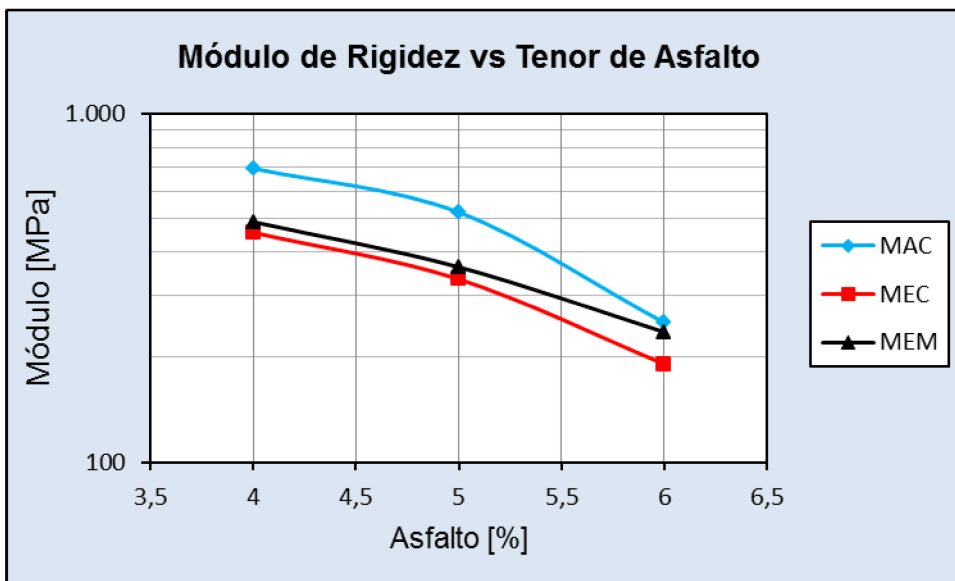


Figura 3.64 - Variación del Módulo de Rigidez a una frecuencia de 1 Hz y a una temperatura de ensayo de 45 °C

Cabe destacar que en el año 2.008 la AASHTO (American Association Of State Highway And Transportation Officials) publicó la guía de diseño mecánico-empírico de pavimentos “Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide-MEPDG”, siendo esta una de las herramientas más completas para realizar el diseño y evaluación de estructuras de pavimento.

MEPDG pronostica el desempeño de una estructura de pavimento en base a principios mecánico - empíricos con los cuales se calcula la respuesta de dicha estructura (esfuerzos, deformaciones y deflexiones) frente a las diferentes variables que pueden afectarla <sup>[2]</sup>.

Las variaciones climáticas y las cargas de tránsito son consideradas en el análisis para evaluar si la estructura de pavimento propuesta tiene la capacidad de soportar las cargas actuantes y cumplir con los niveles de servicio exigidos <sup>[3]</sup>.

El módulo resiliente es una propiedad importante en cualquier procedimiento mecanístico de diseño y análisis de pavimentos flexibles. De hecho el módulo resiliente es la propiedad del material requerido en el procedimiento empírico MEPDG siendo uno de sus principales parámetros de entrada en la Guía de Diseño.

El parámetro módulo se ha constituido como un elemento fundamental en el diseño de pavimentos, por lo que ha sido introducido como un elemento que caracteriza de manera racional el comportamiento esfuerzo-deformación de los materiales que conforman la estructura.

El módulo en mezclas asfálticas es altamente sensible a la temperatura y a la razón de aplicación de la carga. Para contabilizar los efectos de la temperatura y la razón de carga en el módulo, se desarrolló el concepto de la Curva Maestra <sup>[4]</sup>, la cual posibilita obtener el valor del módulo a distintas temperaturas y frecuencias de carga.

Para confeccionar la Curva Maestra se selecciona una temperatura de referencia y se construye la misma desplazando las isothermas trazadas para otras temperaturas, mediante una traslación realizada estrictamente a lo largo de la escala de tiempos de carga. El factor desplazamiento (shift factor) se debe determinar mediante ajuste, bien gráficamente o bien mediante cálculo, con objeto de obtener una curva continua a la temperatura requerida <sup>[5]</sup>.

Por lo expuesto precedentemente, se procedió -en las mezclas elaboradas con un 5% de asfalto- a trazar la Curva Maestra para una frecuencia de 10 Hz. Esta frecuencia es la que se utiliza habitualmente puesto que es a la que están sometidas las capas asfálticas superiores cuando circulan sobre ellas vehículos pesados a unos 60 km/h.

En las Figuras 3.65, 3.66 y 3.67 pueden observarse las Curvas Maestras correspondientes a cada una de las mezclas evaluadas para una frecuencia de 10 Hz.

Dichas curvas se obtuvieron a partir de los valores obtenidos para las tres temperaturas de ensayo (5° C, 25° C y 45 °C) y las tres frecuencias de aplicación de carga (0,33 Hz, 0,50 Hz y 1 Hz) con la metodología que proponen F. Martínez y otros <sup>[6]</sup> y la planilla de cálculo utilizada por el Laboratorio de YPF La Plata.

En la Figura 3.68 se efectuó la superposición de dichas curvas (puede observarse que las curvas maestras de las mezclas elaboradas con ambos tipos de emulsión son prácticamente similares). En el Anexo A se encuentra la planilla con los cálculos que posibilitaron su confección.

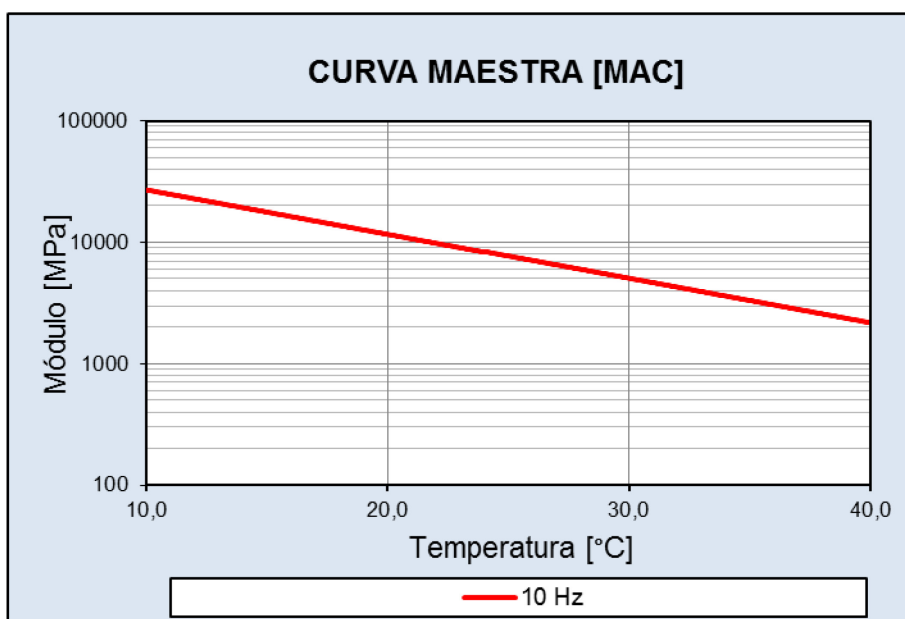


Figura 3.65 - Curva maestra de la mezcla asfáltica en caliente

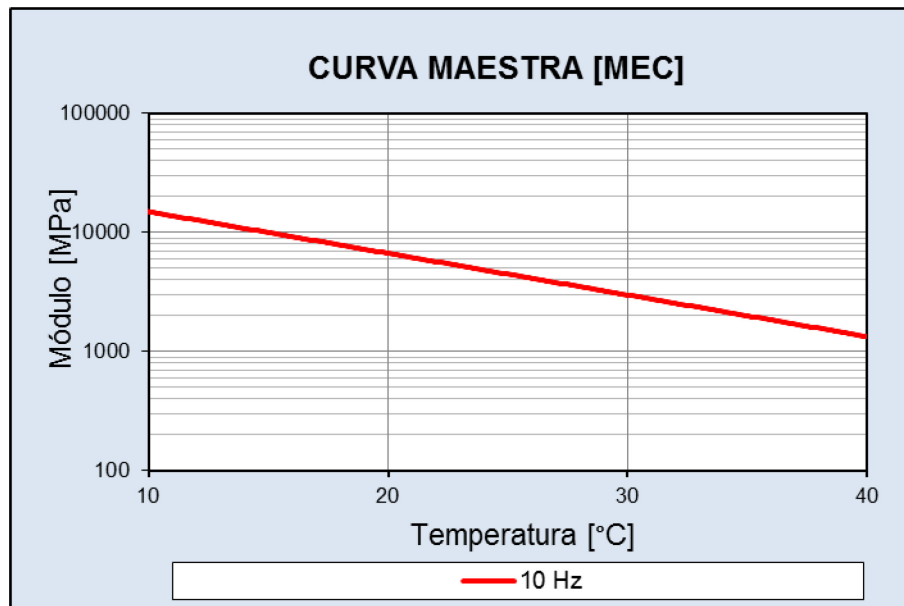


Figura 3.66 - Curva maestra de la mezcla elaborada con emulsión convencional

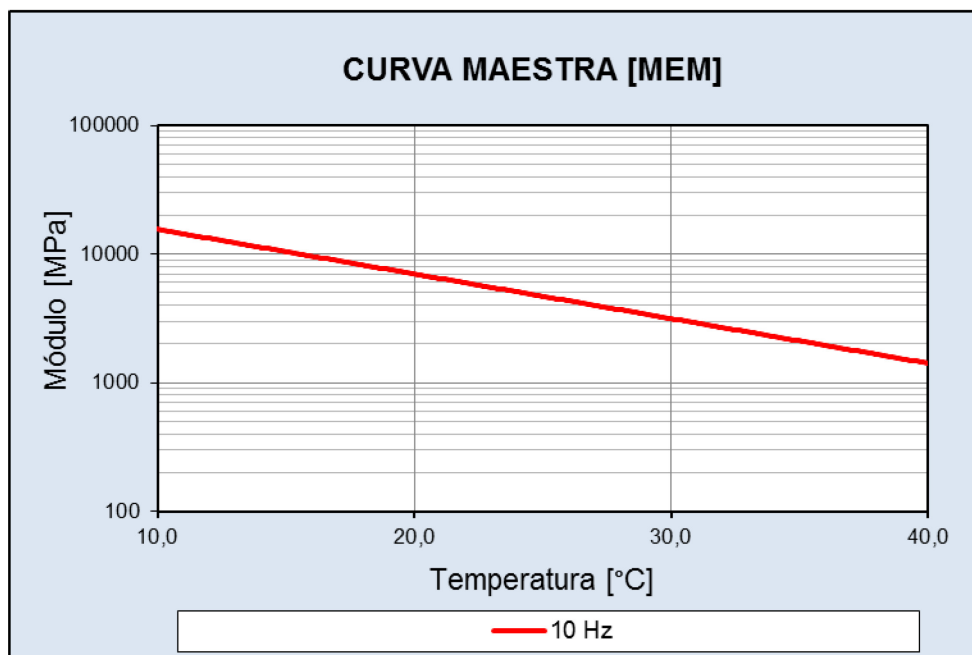


Figura 3.67 - Curva maestra de la mezcla elaborada con emulsión modificada

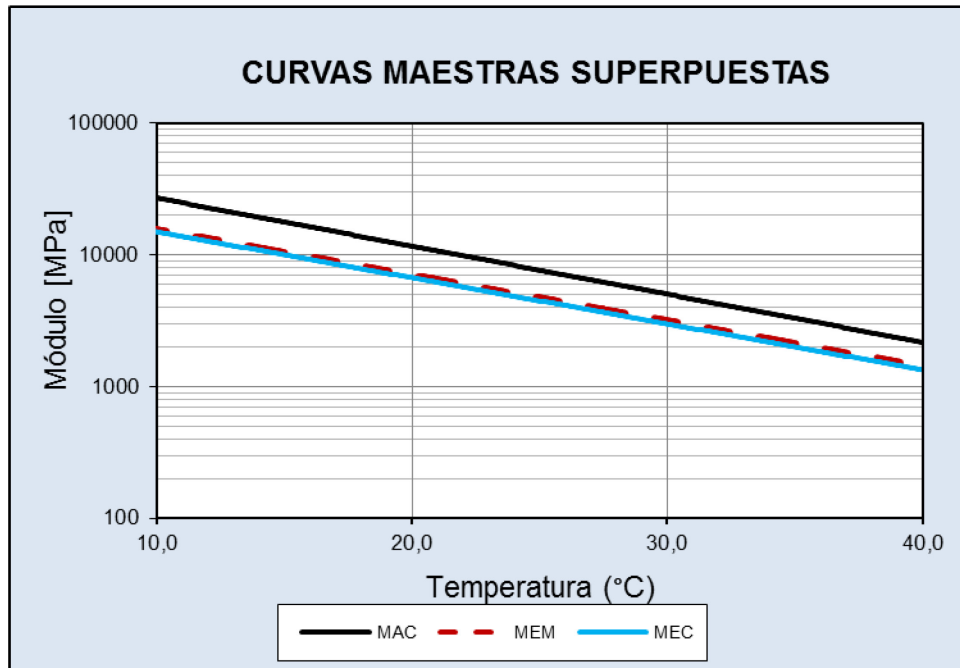


Figura 3.68 - Superposición de las Curvas maestras de los distintos tipos de mezcla para una frecuencia de carga de 10 Hz

### 3.1.8. Deformaciones plásticas. Wheel Tracking Test (WTT)

Los ensayos de rueda cargada o Wheel Tracking Test se encuentran dentro de los ensayos de simulación. Para alcanzar una validación correcta entre lo que sucede en laboratorio e in situ, el ensayo debe reproducir las condiciones de tensiones que se desarrollan dentro del pavimento y para un rango de temperaturas amplio que permita abarcar condiciones desfavorables del orden de los 60 °C.

El procedimiento general de ensayo consiste en medir la velocidad de deformación o la deformación vertical que se produce en un espécimen de mezcla asfáltica prismático o cilíndrico, ante la aplicación de una carga dinámica, aplicada mediante una rueda cargada [Reporte Técnico RT-ID-06/02, “Deformación permanente de mezclas asfálticas”, Autores: Mter. Ing. Silvia Angelone, Mter. Ing. Fernando Martínez, Tco. Emiliano Gavilán, y alumna Mariana Cauhapé Casaux (Laboratorio Vial, Universidad Nacional de Rosario)].

Se evaluaron las dos mezclas en frío. El ensayo se efectuó siguiendo el procedimiento establecido en las Normas IRAM 6850 - CEN 12697-22. Se aplicó una carga de 700 N, durante aproximadamente 6,5 horas (10.000 ciclos) con una

frecuencia de carga de 26,5 ciclos/min y se ensayaron probetas a dos temperaturas: 45 °C y 60°C.

En una primera instancia se intentó moldear las muestras con la metodología utilizada para las mezclas en caliente, siguiendo las pautas establecidas en la Norma NLT 173-84, pero el grado de densificación alcanzado resultó insuficiente. Se consiguieron densidades de 2.103 g/cm<sup>3</sup> para la emulsión convencional y de 2.071 g/cm<sup>3</sup> para la emulsión modificada.

A los efectos de obtener las densidades deseadas se procedió de la siguiente manera:

Se hizo evaporar al aire un 40 % de los fluidos totales, luego se introdujo la mezcla en el molde, se la compactó con la placa vibrante. Posteriormente se introdujo el molde en estufa a 60 °C durante 24 horas, lapso en el que evaporó aproximadamente un 20 % más de los fluidos totales. Por último se la retiró de la estufa, dejándola enfriar y se la recompactó con la placa vibrante. Finalmente se introdujo en la estufa hasta alcanzar una pérdida de humedad del 96 %.

Con la metodología de doble compactación se logró un aumento de la densidad entre un 6 % y un 8% con respecto a las probetas que fueron compactadas una sola vez. Esta metodología de compactación en dos etapas también podría reproducirse en obra. Los resultados de densidades se presentan en la Tabla 3.17.

	<b>Densidad Aparente (Doble Compactación) [g/cm<sup>3</sup>]</b>
MEC (60 °C)	2.245
MEM (60 °C)	2.239
MEC (45 °C)	2.241
MEM (45 °C)	2.236

Tabla 3.17 - Densidades de las muestras ensayadas

A los fines de evaluar el comportamiento de ambas mezclas se calcularon dos parámetros:

Pendiente Media de Deformación: Wheel Tracking Slope (WTS)

Profundidad media de la huella: Proportional Ruth Depth (PRD)

- **Mezcla con emulsión convencional**

Temperatura de ensayo = 45 °C

Espesor de la probeta = 50 mm

Deformación a los 5000 ciclos ( $D_{5000}$ ) = 1,03 mm

Deformación a los 10000 ciclos ( $D_{10000}$ ) = 1,34 mm

$$WTS = \frac{D_{10000} - D_{5000}}{5} = 0,06 \text{ (mm/10}^3 \text{ ciclos)}$$

$$PRD = \frac{D_{10000}}{\text{Espesor}} = 2,68 \%$$

Temperatura de ensayo = 60 °C

Espesor de la probeta = 51 mm

Deformación a los 5000 ciclos ( $D_{5000}$ ) = 3,78 mm

Deformación a los 10000 ciclos ( $D_{10000}$ ) = 5,33 mm

$$WTS = \frac{D_{10000} - D_{5000}}{5} = 0,31 \text{ (mm/10}^3 \text{ ciclos)}$$

$$PRD = \frac{D_{10000}}{\text{Espesor}} = 10,45 \%$$

- **Mezcla con emulsión modificada**

Temperatura de ensayo = 45 °C

Espesor de la probeta = 50 mm

Deformación a los 5000 ciclos ( $D_{5000}$ ) = 1,31 mm

Deformación a los 10000 ciclos ( $D_{10000}$ ) = 1,48 mm

$$WTS = \frac{D_{10000} - D_{5000}}{5} = 0,03 \text{ (mm/10}^3 \text{ ciclos)}$$

$$PRD = \frac{D_{10000}}{\text{Espesor}} = 2,96 \%$$



Temperatura de ensayo = 60 °C

Espesor de la probeta = 51 mm

Deformación a los 5000 ciclos ( $D_{10000}$ ) = 4,37 mm

Deformación a los 10000 ciclos ( $D_{5000}$ ) = 4,95 mm

$$WTS = \frac{D_{10000} - D_{5000}}{5} = 0,11 \text{ (mm/10}^3 \text{ ciclos)}$$

$$PRD = \frac{D_{10000}}{\text{Espesor}} = 9,71 \%$$

Cabe destacar la existencia de un documento que se encuentra en etapa de discusión - no apto para la construcción- en el ámbito de la Dirección Nacional de Vialidad (D.N.V.), el mismo puede obtenerse de su página web. En éste entre otros aspectos, se diferencian los requisitos tanto de los materiales componentes de las mezclas asfálticas en caliente y semicalientes, como así también del tipo de mezcla, de acuerdo a la ubicación en el paquete estructural que cada uno ocupa y del nivel de sollicitación vinculada al tránsito previsto que circulará por el carril en cuestión. Asimismo se indican los valores exigidos de WTS y PRD.

Para aquellos casos en los cuales se consideren dos (2) o más carriles por sentido de circulación, establece que los requisitos citados precedentemente serán los correspondientes al carril con clasificación por tránsito más exigente.

La Tabla 3.18 resume los cuatro (4) niveles de sollicitación de tránsito.

<b>CLASIFICACIÓN POR TRÁNSITO</b>				
-----	<b>Clasificación por tránsito</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>Índice de Tránsito (IT)</b>	≥1200	800-1199	200-799	<199

Tabla 3.18 - Clasificación por tránsito. Fuente: D.N.V.

Donde:

IT: Índice de Tránsito =  $TMDA_d * \%P_d$

$TMDA_d$  = Tránsito Medio Diario Anual de diseño

$\%P_d$  = % Pesados de diseño (porcentaje del TMDA de diseño correspondiente a tránsito pesado)

Además el documento en cuestión prevé como metodología de ensayo para evaluar la resistencia al ahuellamiento de las mezclas asfálticas la descrita en el Procedimiento B en aire para dispositivo pequeño de la Norma EN 12697-22. La duración del mismo es de 10000 ciclos y la temperatura de ensayo debe ser de 60 °C.

Los requisitos para la resistencia al ahuellamiento se establecen en la Tabla 3.19

<b>EVALUACION DE LA RESISTENCIA AL AHUELLAMIENTO "Wheel Tracking Test"(Norma EN 12697-22- Procedimiento B)</b>				
Pendiente Media de Deformación (WTS AIRE) [mm/1000 ciclos de carga] en el intervalo de 5000 a 10000 ciclos y Profundidad Media de la Huella (PRD) [%]				
Tipo de capa	Clasificación por tránsito			
	T1	T2	T3	T4
Rodamiento	WTS aire $\leq 0,08$	WTS aire $\leq 0,10$	WTS aire $\leq 0,12$	WTS aire $\leq 0,15$
	PRD $\leq 5\%$	PRD $\leq 8\%$	PRD $\leq 10\%$	PRD $\leq 10\%$
Base	WTS aire $\leq 0,10$	WTS aire $\leq 0,12$	WTS aire $\leq 0,15$	WTS aire $\leq 0,15$
	PRD $\leq 8\%$	PRD $\leq 10\%$	PRD $\leq 10\%$	PRD $\leq 12\%$

Tabla 3.19 - Evaluación de la resistencia al ahuellamiento. Fuente: D.N.V.

Si comparamos los resultados obtenidos con las exigencias de resistencia al ahuellamiento estipuladas en el documento en elaboración de la D.N.V., podemos concluir que la mezcla confeccionada con emulsión modificada es apta para ser utilizada como capa de rodamiento para un tránsito máximo T3 o como capa de base para un tránsito T2, si bien la mezcla estudiada no fue diseñada y concebida para este último objetivo.

En tanto que la mezcla elaborada con emulsión convencional no reúne los requisitos exigidos para ningún tipo de tránsito.

En las Figuras 3.69 y 3.70 pueden observarse el procedimiento de compactación de probetas prismáticas y el equipo para efectuar el ensayo respectivamente. Las Figuras 3.71, 3.72, 3.73, 3.74, 3.75 y 3.76 muestran el aspecto que presentaban las probetas elaboradas con ambos tipos de emulsión antes del ensayo y las deformaciones plásticas en las mismas una vez finalizado el WTT a una temperatura de ensayo de 45 °C y de 60 °C.



Figura 3.69 - Compactación vibratoria de probeta para el ensayo WTT

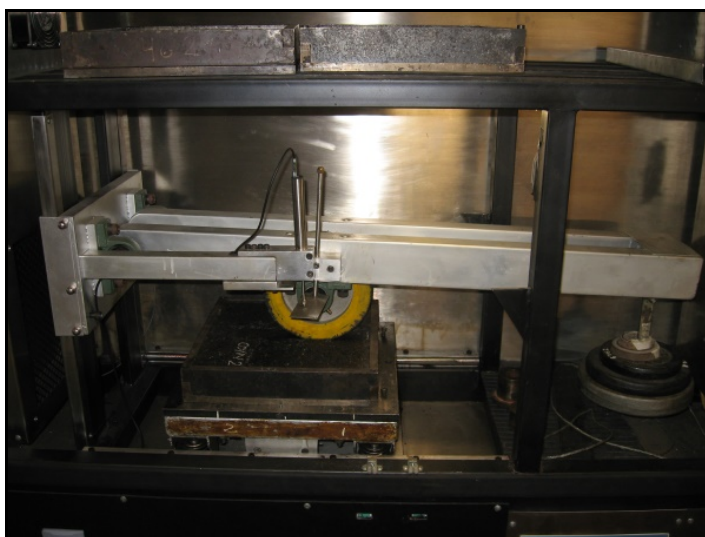


Figura 3.70 - Equipo para el ensayo Wheel Tracking Test



Figura 3.71 - Probeta elaborada con emulsión convencional



Figura 3.72 - Probeta elaborada con emulsión modificada



Figura 3.73 - Aspecto que presentaba la probeta elaborada con emulsión convencional luego del ensayo a 45 °C



Figura 3.74 - Aspecto que presentaba la probeta elaborada con emulsión modificada luego del ensayo a 45 °C



Figura 3.75 - Aspecto de la probeta con emulsión convencional una vez finalizado el ensayo a 60 °C según Norma



Figura 3.76 - Aspecto de la probeta con emulsión modificada una vez finalizado el ensayo a 60 °C según Norma

En la Figura 3.77 se presentan las curvas obtenidas en el ensayo.

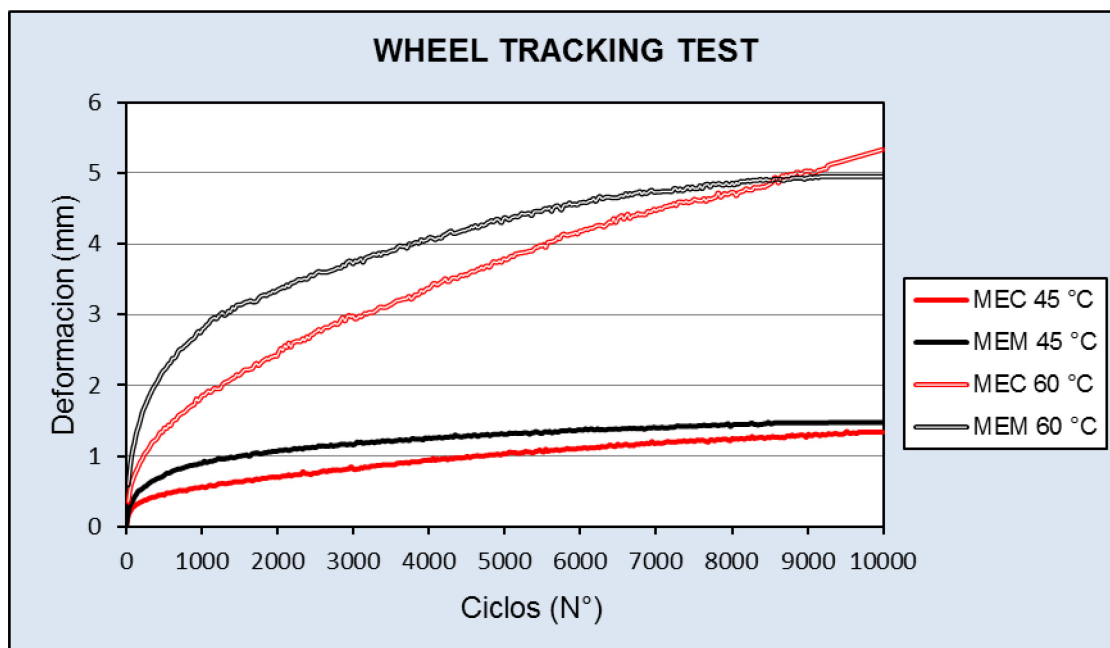


Figura 3.77 - Ensayo Wheel Tracking Test a 45 °C y 60 °C

En el ensayo Wheel Tracking Test puede observarse que para 45 °C las curvas de deformaciones para ambos tipos de emulsión presentan valores de PRD muy similares, en tanto que el valor WTS es el doble para la mezcla con emulsión convencional (no obstante ambos valores son bajos), por lo tanto a esta temperatura el efecto favorable de la incorporación del polímero en el asfalto no se aprecia ostensiblemente.

Para la temperatura de 60 °C (indicada por la Norma) la curva de la mezcla elaborada con emulsión modificada tiende a horizontalizarse a partir de los 9000 ciclos, mientras que en la mezcla con emulsión convencional la curva mantiene su pendiente creciente hasta el final del ensayo. Aquí sí, a diferencia de lo que acontece cuando el ensayo se realiza a 45 °C, se evidencia la mejor respuesta de la mezcla con emulsión modificada a las deformaciones plásticas como consecuencia de la incorporación del polímero a la emulsión.

### 3.1.9. Propuesta metodológica para el diseño de la mezcla asfáltica

En virtud del análisis de los resultados obtenidos en la presente investigación pasaremos a formular la siguiente propuesta de diseño para mezclas en frío densamente graduadas de características similares a la estudiada.

#### 1. Agregados Pétreos:

Deberán efectuarse los ensayos previstos en el método Marshall y cumplir con las Normas que estipula la Dirección Nacional de Vialidad (D.N.V.).

El equivalente de arena (E.A.) de la mezcla de agregados será mayor a 45 para base y mayor de 55 para capas de rodamiento.

El tamaño máximo del agregado será  $\leq 1/3$  a  $1/2$  del espesor de la capa.

#### 2. Ligantes Bituminosos:

Las emulsiones convencionales o modificadas serán del tipo catiónicas de rotura lenta y deberán cumplir las Normas Iram 6691 o 6698 según corresponda. Se deberá remitir al productor del ligante una muestra de los áridos a utilizar en la obra a los efectos de que diseñe una emulsión ad hoc que cumpla con la mencionada Normativa.

#### 3. Granulometría:

La curva granulométrica de los agregados incluido el relleno mineral será continua, cóncava hacia arriba y deberá estar comprendida dentro de los límites granulométricos establecidos por el Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la Dirección Nacional de Vialidad (D.N.V.), edición 1.998, Sección D.X Mezclas Densas.

#### 4. Agua de preenvuelta y fluidos de compactación:

Se adopta el método indicado por el Ing. Duillo D. Massaccesi en el cual propone la utilización de coeficientes de aporte de agua en función del tamaño y origen de los áridos, según se detallan en la siguiente Tabla:

<b>PASA TAMIZ – RETIENE TAMIZ</b>	<b>AGREGADO GRANÍTICO O SILÍCEO [Coef]</b>	<b>AGREGADO CUARCÍTICO [Coef]</b>
19,0 mm (3/4 ") - 2,00 mm (N° 10)	1,5	2,5
2,00 mm (N° 10) - 0,42 mm (N° 40)	1,8	3,0
0,42 mm (N° 40) - 0,18 mm (N° 80)	4,0	7,0
0,18 mm (N° 80) - 0,075 mm (N° 200)	6,5	9,0
Filler Calcáreo	20	20
Cal Hidráulica	40	40

Si bien primigeniamente los valores de los coeficientes fueron empleados cuando se trabaja con emulsiones aniónicas superestables, en la presente investigación pudo ratificarse su validez para emulsiones catiónicas de rotura lenta.

#### 5. Moldeo de probetas:

Previo a la compactación se deberá confeccionar el gráfico Densidad vs Pérdida de Humedad. A tal fin se hará evaporar parte de los fluidos contenidos en la mezcla de manera tal que la pérdida de humedad se vaya incrementando en intervalos sucesivos en aproximadamente un 10%, para posteriormente proceder en todos los casos a su compactación bajo las mismas condiciones, es decir, estáticamente a doble pistón con una carga de 6 toneladas en dos etapas.

Una vez colocado el material en el molde, la primera compactación se logra en 2 minutos aplicando una carga creciente a una velocidad de 1,27 mm/min hasta alcanzar las 6 toneladas, manteniéndose la misma durante 1 minuto, luego se dejan descansar las probetas en los moldes aproximadamente unas 2 horas y se efectúa la segunda compactación de forma similar.

El gráfico Densidad vs Pérdida de Humedad permitirá determinar el rango de pérdida de humedad en el cual las densidades obtenidas se mantienen prácticamente constantes y con valores aceptables, debiendo verificarse al propio tiempo que no se produzca durante la compactación expulsión y escurrimiento de fluido conteniendo ligante.

Finalmente, el moldeo de probetas para los ensayos Marshall, Tracción Indirecta y Módulo de Rigidez se efectuará cuando la pérdida de humedad del material sea aproximadamente igual al valor medio del rango citado en el párrafo precedente.

6. Contenido óptimo de asfalto:

Se obtendrá siguiendo la metodología Marshall y las probetas se compactarán de la forma indicada en el punto anterior.

7. Vacíos:

Los vacíos de la mezcla deberán ser  $\leq 12 \%$

8. Resistencia Mecánica y Resistencia Conservada:

La valoración de la Resistencia Mecánica de la mezcla se efectuará con el ensayo de Tracción Indirecta a una temperatura de  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  y el valor mínimo exigido será de 1,5 MPa. En ningún caso la Resistencia Conservada de la mezcla será inferior al 80 %.

9. Resistencia al ahuellamiento:

Deberá cumplimentar en el ensayo WTT con las exigencias del Pliego de Especificaciones Técnicas de la D.N.V. -en elaboración- para los tránsitos T3 y T4.

A los fines de obtener una mayor densidad, las probetas se compactarán variando de la siguiente manera la metodología pautada en la Norma NLT 173-84: se hará evaporar al aire el porcentaje de los fluidos totales obtenido del gráfico Densidad vs Pérdida de Humedad, luego se introduce el material en el molde y se lo compacta con placa vibrante.

Posteriormente se introducirá el molde en estufa a  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  durante 24 horas, lapso en el que se evaporará aproximadamente un 20% más de los fluidos totales.

Por último se retira de la estufa, se la deja enfriar y se la recompacta con la placa vibrante. Por último se introduce nuevamente en la estufa hasta alcanzar una pérdida de humedad del 96%.



**1.4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:**

- [1] D.N.V. Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la Dirección Nacional de Vialidad, edición 1.998, Sección D.X Mezclas Densas TM ½“. Buenos Aires (1.998).
- [2] FLOREZ Nelson. “Aplicación de la Guía de Diseño Mecánico-Empírico de Pavimentos diseñada por la AASHTO, una opción de crecimiento para Colombia. Bogotá (2.015).
- [3] CHANG ALBITRES Carlos, VALENCIA Julián, LORIA SALAZAR Luis, BUSTOS Marcelo y DELGADILLO Rodrigo. “Aplicabilidad del Método Mecanístico-Empírico de Diseño de Pavimentos (MEPDG) AASHTO 2.008 en Latinoamérica”. (IAG 239-03-2013).
- [4] ELIZONDO Fabián, ULLOA Álvaro y BADILLA Gustavo. “Predicción de Módulos resilientes en mezclas asfálticas mediante el modelo de Witczak”. San José, Costa Rica (2.007).
- [5] LEMaC Centro de Investigación Vial UTN-FRLP - Laboratorio Vial UTN FRM. “Valoración del desempeño de una mezcla asfáltica densa modificando el tipo de filler y asfalto”. La Plata (2.015).
- [6] MARTINEZ Fernando y Otros. “Determinación del módulo dinámico (Stiffnes) de mezclas asfálticas utilizadas en pavimentos de la región litoral”. XXIII Reunión de la Comisión Permanente del Asfalto. Paraná (1.985).



## **CAPÍTULO 4. COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SECCIONES ESTRUCTURALES**

### **4.1. INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se presenta un análisis comparativo del comportamiento mecánico de dos secciones estructurales diferentes, representativas de la red vial secundaria con bajo volúmenes de tránsito y de arterias urbanas de localidades del interior de la provincia de Buenos Aires, donde no siempre resulta factible la ejecución de obras de pavimentación con mezclas asfálticas en caliente y por tal motivo se evaluará la conveniencia de utilizar como alternativa una mezcla densa en frío elaborada con emulsión modificada.

A tales fines, se determina en primer lugar el estado tensional de las estructuras del pavimento, al aplicar una carga de referencia y seguidamente se calcula la vida de cada estructura mediante el empleo de la ley de fatiga que caracteriza a cada tipo de mezcla, asumiendo que las mezclas fallan por fatiga. Por último, se distribuye la vida de cada estructura en función del tránsito para determinar el número de años correspondiente.

Para obtener un coeficiente de equivalencia entre ambos tipos de mezcla asfáltica, se buscó el espesor de mezcla asfáltica en frío que soporta la misma vida que la estructura que tiene mezcla asfáltica en caliente.

### **4.2. TENSIONES Y DEFORMACIONES EN LAS ESTRUCTURAS ANALIZADAS PARA CALCULAR LA VIDA DE LAS ESTRUCTURAS**

El estado tensional que provoca una carga simple en la estructura de un pavimento asfáltico, distingue los siguientes 4 casos que pueden apreciarse en la Figura 4.1:

1. Compresión triaxial en la superficie del pavimento inmediatamente debajo de la rueda.

2. Tracción longitudinal y transversal, y compresión vertical en la cara inferior de la capa asfáltica debajo de la rueda.
3. Tracción longitudinal en la superficie del pavimento a una determinada distancia de la carga.
4. Compresión longitudinal en la cara inferior de la capa asfáltica a una determinada distancia de la rueda.

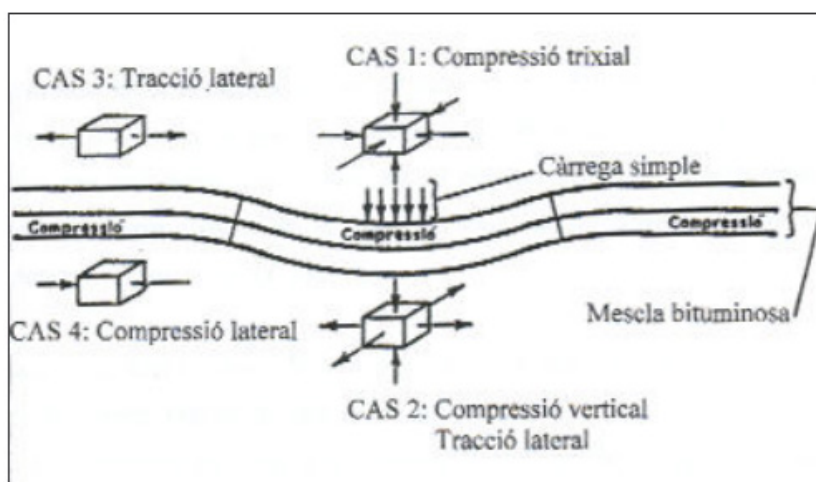


Figura 4.1 - Estado de tensiones a la que está sometido un pavimento bajo la acción de una carga simple. Fuente: Roque y Buttlar

Como es de conocimiento los métodos racionales de diseño de pavimentos se basan en hallar las tensiones o deformaciones en los puntos más desfavorables de la estructura.

Existen dos deformaciones críticas, estimadas según la teoría elástica:

- a) La deformación tangencial que produce la tensión de tracción en la cara inferior de la capa asfáltica (caso 2 de la figura 4.1).
- b) La deformación vertical que producen los esfuerzos de compresión en la superficie de la subrasante.

A los fines meramente comparativos se evaluaron las características que debía reunir la estructura para dos tipos de obras:

- **Pavimentación de caminos de la red vial secundaria**
- **Pavimentación urbana**

Para ello se establecieron las siguientes hipótesis:

- En cada tipo de obra se supone que las capas subyacentes son de características similares tanto para la mezcla en caliente como para la mezcla en frío elaborada con emulsión modificada (no se evaluó a la mezcla elaborada con emulsión convencional dado que no cumple con las exigencias de resistencia al ahuellamiento fijadas en el Pliego de Especificaciones Técnica -en elaboración- de la D.N.V.).
- Respecto a la carga:  
Eje de 8,2 toneladas con ruedas gemelas y presión de contacto de 0,562 MPa. El radio de la huella con área equivalente resultante es de 10,72 cm.
- Respecto a la condición de las interfaces:  
Se asume adherencia total entre la capa de mezcla asfáltica y capa de base granular, proporcionada por el riego de imprimación, mientras que se asume no adherencia entre las capas granulares y la subrasante.
- Respecto a las leyes de fatiga de las mezclas asfálticas:  
Mezcla asfáltica en caliente:  $\log \epsilon_t = - 2,7501 - 0,1619 \log N$  (Shell)  
Mezcla asfáltica en frío:  $\log \epsilon_t = - 2,8075 - 0,1590 \log N$  (Van Dijk y Santucci)
- Respecto al tránsito :  
TMDA = 600 veh/día  
Camiones = 30%  
Factor de contribución de cargas total FCCT= 1,16  
Igual flujo de tránsito en ambos sentidos de circulación (50%)  
Período de diseño = 5 años  
 $N = TMDAd = 600 \times 1,16 \times 0,50 \times 365 \times 5 = 6,35 E+05$

➤ Respecto a las estructuras:

Espesor de la mezcla en caliente para la capa de rodamiento en obras de pavimentación de caminos de la red vial secundaria = 8 cm

Espesor de la mezcla en caliente para la capa de rodamiento en obras de pavimentación urbana u obras menores = 6 cm

Módulo de la mezcla en caliente = 11.707 MPa

Módulo de la mezcla en frío con emulsión modificada = 6.968 MPa

Ambos valores de Módulo fueron obtenidos de la curva maestra para una frecuencia de 10 Hz y una temperatura de 20 °C (Figuras 3.65 y 3.67, pág. 123 y 124 del Capítulo 3 respectivamente)

Coefficiente de Poisson para concreto asfáltico = 0,35

Módulo de la subrasante = 50 MPa

Coefficiente de Poisson de la subrasante = 0,40

A los fines de obtener estructuras económicas y coeficientes de equivalencias de espesores razonables entre la mezcla en caliente y la mezcla en frío elaborada con emulsión modificada para ambos tipos de obras, se analizaron las propiedades mecánicas que debían reunir las capas inferiores. Con ese objetivo se evaluaron diversas variantes con un programa de cálculo que permite determinar el estado tensional en el pavimento.

De todas las variantes analizadas la que mejor se ajusta a los objetivos fijados para obras de pavimentación de caminos de la red vial secundaria es la esquematizada en la Figura 4.2.

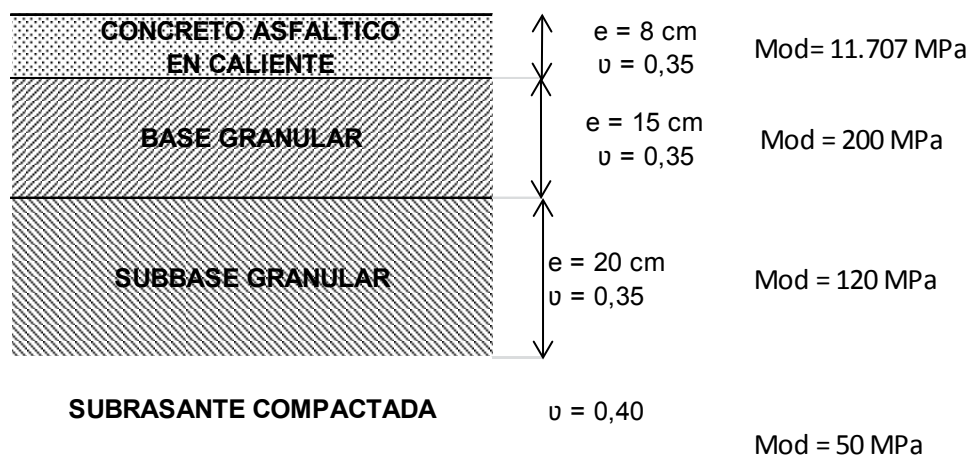


Figura 4.2 - Estructura de la red vial secundaria

Mientras que para Obras de pavimentación urbana, la sección adoptada se describe en la Figura 4.3

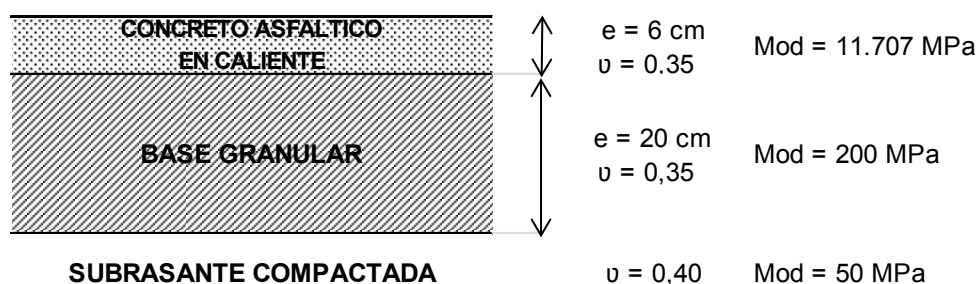


Figura 4.3 - Estructura de pavimentación urbana

El programa de cálculo empleado fue ECOROUTE, que es un software informático comercial de dimensionamiento de pavimentos, desarrollado por “la organización francesa LCPC” (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées). Es uno de los métodos de dimensionamiento usado para la red de carreteras de Francia, además de ser usado por agencias de otros países.

Este programa permite evaluar las tensiones generadas por el tráfico en una estructura multicapa que representa la estructura del pavimento, basándose en el modelo de Burmister. El modelo de Burmister asume que la estructura se apoya sobre un espacio semiinfinito y se compone de una serie de capas de espesor constante y comportamiento lineal, isotrópico y elástico. Los materiales de las capas se definen únicamente a través de dos parámetros: su módulo elástico E y

coeficiente de Poisson  $\nu$ .

Las interfaces entre las capas se pueden disponer suponiendo adherencia total o nula. Las cargas del tránsito se representan como circulares, uniformes y verticales, y pueden reproducir varios tipos de ejes de vehículos.

En el Anexo B se pueden apreciar los resultados del análisis tenso-deformacional para cada estructura analizada. Los resultados de la vida, expresada en número de aplicaciones de carga o "N", obtenidos en cada estructura se presentan en la Tabla 4.1.

Sección	Tipo de mezcla asfáltica	Módulo (MPa)	Espesor (cm)	N
Red vial secundaria	En caliente	11.707	8	6,23E+05
	En frío	6.968	8	5,56E+04
Pavimentación urbana	En caliente	11.707	6	2,42E+05
	En frío	6.968	6	2,90E+04

Tabla 4.1 - Resultados de la vida útil de cada estructura

### 4.3. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE EQUIVALENCIA

A los fines de obtener coeficientes de equivalencias de espesores razonables entre la mezcla en caliente y la mezcla en frío elaborada con emulsión modificada, se buscó el espesor necesario de mezcla con emulsión modificada que dé a la estructura analizada la misma vida útil que si tuviera una mezcla asfáltica en caliente con el espesor inicialmente propuesto en cada caso estudiado.

Para ello, se partió del valor N obtenido en el apartado anterior con la mezcla asfáltica en caliente y se calculó la deformación horizontal bajo la capa asfáltica usando la ley de fatiga de la mezcla con emulsión modificada. Esa deformación se impuso en la estructura multicapa con el módulo correspondiente a la mezcla en frío.

El software itera los cálculos partiendo de un espesor preestablecido hasta encontrar el espesor de capa de rodamiento que sufre la deformación impuesta.

Los factores de equivalencias que se obtuvieron con el programa de cálculo son los siguientes:



- **Pavimentación de caminos de la red vial secundaria**

**Factor de equivalencia: 1,53**

Con este factor de equivalencia, para conservar la vida útil de la estructura deberíamos reemplazar la capa de rodamiento de concreto asfáltico en caliente de  $e = 8$  cm por una mezcla asfáltica en frío elaborado con emulsión modificada de  $e = 12,24$  cm (al solo efecto de facilitar la construcción de la capa en dos etapas, se adoptan dos capas de  $e = 6$  cm).

- **Pavimentación urbana u obras menores**

**Factor de equivalencia: 1,65**

De la misma manera que en el caso anterior, deberíamos reemplazar la capa de rodamiento de concreto asfáltico en caliente de  $e = 6$  cm por una mezcla asfáltica en frío elaborado con emulsión modificada de  $e = 9,90$  cm (al solo efecto de facilitar la construcción de la capa en dos etapas, se adoptan dos capas de  $e = 5$  cm)

El análisis de estas dos secciones estructurales, escogidas como casos que podrían representar a estructuras reales, han permitido obtener un factor de equivalencia de espesores de mezcla asfáltica en frío con emulsión modificada, muy próximo al valor de 1,6 citado por el Dr. Ruiz en una de sus intervenciones en el marco de la discusión sobre el trabajo “Mezclas bituminosas en frío construidas en la provincia de Tucumán” de los insgs. Luis Zalazar y Juan Chaler, presentado en la XVII Reunión del Asfalto, llevada a cabo en Mendoza en el mes de Noviembre de 1.971.

En cualquier caso, siempre se deberá tener en cuenta que las características de las mezclas estudiadas, así como las del resto de las capas y la subrasante, podrían alterar estos factores.

Por ultimo cabe destacar que si con la adición de un ligante hidráulico llevamos el Módulo de la base granular de 200 MPa a 300 MPa, y el de la subbase granular de 120 MPa a 150 MPa, lograríamos extender el periodo de diseño, es decir, la vida útil de la estructura.

En caso de adoptar esta alternativa habría que minimizar el riesgo potencial de la aparición prematura de fisuras reflejas en la capa bituminosa dado que indefectiblemente se producirá una mayor contracción por secado como consecuencia del aumento del dosaje de cemento para incrementar el módulo de rigidez de la misma. Para ello habría que utilizar alguna metodología de prefisuración de la base con ligante hidráulico.

## **CAPÍTULO 5. ANÁLISIS TÉCNICO-ECÓNOMICO COMPARATIVO**

### **5.1. ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE MEZCLAS EN CALIENTE Y DENSAS EN FRÍO**

A los fines de evaluar la viabilidad económica de ejecutar mezclas asfálticas densamente graduadas en frío, en una primera instancia se efectuó un análisis de costos de la mezcla asfáltica en caliente y de las mezclas en frío confeccionadas con emulsión convencional y modificada según distintas metodología de elaboración.

Para ello se contó con el valioso aporte de la Subgerencia de Estudios y Proyectos dependiente de la Gerencia Técnica de la D.V.B.A. y de empresas del rubro. En el caso de las mezclas en frío se analizaron las siguientes cuatro alternativas para la elaboración de la mezcla:

1. En planta asfáltica de características similares a la que se produce la mezcla en caliente.
2. En planta ambuloperante.
3. En planta dosificadora de áridos y mezclado en mixer.
4. In situ en forma más artesanal con balanza y transporte de los áridos mediante cinta hasta el mixer para su mezclado.

Al estimar los costos de transporte de los materiales hacia el baricentro de una eventual obra se fijaron las siguientes hipótesis entendiéndose que con ellas se abarca toda la geografía del territorio provincial:

- a) Para los distintos tipos de ligantes bituminosos (cemento asfáltico 70/100, emulsión CRL y emulsión CRLm) se evaluaron tres distancias de transporte: 100 km, 300 km y 500 km.

- b) En todos los casos analizados los agregados pétreos de trituración y la cal deben transportarse 500 km.
- c) A los efectos de acotar los cálculos, la distancia de transporte de la arena silícea se la mantuvo constante (70 km) debido a su baja incidencia en el precio final de la mezcla.

Para una mayor comprensión del funcionamiento de una planta ambuloperante y conocer los costos actualizados de las distintas emulsiones se efectuó una visita a las instalaciones de una empresa del medio sita en el Km 69,200 de la R.N.Nº 205 en proximidades de la planta urbana de la ciudad de Cañuelas, provincia de Buenos Aires. Esta firma se especializa en la elaboración de emulsiones y en la ejecución primordialmente de microaglomerados y lechadas asfálticas en frío.

Las Plantas ambuloperantes que poseen para la materialización de las tareas citadas precedentemente están compuestas básicamente por una unidad tractora que en su chasis tiene montado un equipo que posee tolvas para los distintos agregados pétreos y un tanque para la emulsión. En su interior posee una cinta transportadora que lleva los áridos hasta un recipiente de mezclado que se coloca en la parte trasera de la unidad tractora, allí con una bomba dosificadora se agrega la emulsión y mediante un tornillo sin fin se procede al mezclado hasta obtener un adecuado recubrimiento de los áridos.

Una vez que la mezcla muestre un aspecto homogéneo, se habilita la salida de la misma habiendo regulando previamente en la plancha de enrase el espesor de capa que deseamos obtener. Las figuras 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4 ilustran la visita a la empresa. Las Figuras 5.5 y 5.6 permiten visualizar los trabajos de pavimentación urbana con mezcla densa en frío realizados con este tipo de equipamiento en la ciudad de Posadas, provincia de Misiones y que fueron mencionados en el Capítulo 2 de la presente investigación.



Figura 5.1 - Provisión de materia prima para la elaboración de emulsiones



Figura 5.2 - Vista lateral de la Planta ambuloperante



Figura 5.3 - Otra vista de la Planta ambuloperante



Figura 5.4 - Mecanismo para mezclado y colocación de la mezcla



Figura 5.5 - Elaboración y colocación de la mezcla con planta ambuloperante



Figura 5.6 - Aspecto que presenta la mezcla recién colocada

En la Tabla 5.1 se observan -para las tres distancias de transporte del ligante bituminoso- los precios de las mezclas asfálticas en frío confeccionadas con emulsión convencional y modificada según la metodología de elaboración utilizada y sus diferencias en pesos y en porcentaje respecto al precio de la mezcla en caliente.

**PRECIO DE ELABORACION Y COLOCACION DE CONCRETO ASFALTICO**

DISTANCIA DE TRANSPORTE DEL LIGANTE BITUMINOSO = 100 KM

ELABORACION	LIGANTE BITUMINOSO						
	C A 70/100	Emulsión CRL			Emulsión CRLm		
	\$/t	\$/t	Diferencia en \$	Diferencia en %	\$/t	Diferencia en \$	Diferencia en %
PLANTA ASFALTICA (35 t/h en Caliente y 30 t/h en Frío)	2.334,43	2586,04	251,61	10,78	2749,29	414,86	17,77
PLANTA AMBULOPERANTE (30 t/h)	X	2322,35	-12,08	-0,52	2485,60	151,17	6,48
PLANTA DOSIFICADORA + MIXER (30 t/h)	X	2485,14	150,71	6,46	2648,39	313,96	13,45
BALANZA + CINTA + MIXER (25 t/h)	X	2601,22	266,79	11,43	2764,48	430,05	18,42

DISTANCIA DE TRANSPORTE DEL LIGANTE BITUMINOSO = 300 KM

ELABORACION	LIGANTE BITUMINOSO						
	C A 70/100	Emulsión CRL			Emulsión CRLm		
	\$/t	\$/t	Diferencia en \$	Diferencia en %	\$/t	Diferencia en \$	Diferencia en %
PLANTA ASFALTICA (35 t/h en Caliente y 30 t/h en Frío)	\$2.360,69	2.620,11	259,42	10,99	2.783,36	422,67	17,90
PLANTA AMBULOPERANTE (30 t/h)	X	2.356,42	-4,27	-0,18	2.519,67	158,98	6,73
PLANTA DOSIFICADORA + MIXER (30 t/h)	X	2.519,21	158,52	6,71	2.682,46	321,77	13,63
BALANZA + CINTA + MIXER (25 t/h)	X	2.635,30	274,61	11,63	2.798,55	437,86	18,55

DISTANCIA DE TRANSPORTE DEL LIGANTE BITUMINOSO = 500 KM

ELABORACION	LIGANTE BITUMINOSO						
	C A 70/100	Emulsión CRL			Emulsión CRLm		
	\$/t	\$/t	Diferencia en \$	Diferencia en %	\$/t	Diferencia en \$	Diferencia en %
PLANTA ASFALTICA (35 t/h en Caliente y 30 t/h en Frío)	\$2.386,96	2.654,18	267,22	11,19	2.817,43	430,47	18,03
PLANTA AMBULOPERANTE (30 t/h)	X	2.390,49	3,53	0,15	2.553,74	166,78	6,99
PLANTA DOSIFICADORA + MIXER (30 t/h)	X	2.553,28	166,32	6,97	2.716,53	329,57	13,81
BALANZA + CINTA + MIXER (25 t/h)	X	2.669,37	282,41	11,83	2.832,62	445,66	18,67

Tabla 5.1 - Comparación de precios de las mezclas asfálticas en frío según la metodología de elaboración respecto a la mezcla en caliente.

Luego de este análisis, y por los motivos ya expuestos, se consideró realizar únicamente la comparación con la mezcla elaborada con emulsión modificada.

En las Tablas 5.2 y 5.3 se muestran los análisis de precios de elaboración y colocación de la mezcla asfáltica en caliente y de la mezcla en frío elaborada con emulsión modificada utilizando una planta ambuloperante, para una distancia de transporte del ligante de 300 km.

**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE**

**Distancia de Transporte de cemento asfáltico = 300 km**  
**Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km**  
**Distancia de Transporte de arena silícea = 70 km**

A - MATERIALES						Incid.:	
Arena Silícea	0,0475	tn/tn	x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52	
Cal Hidráulica hidratada	0,0095	tn/tn	x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93	
Fuel Oil 1 (70/30)	0,0070	un/tn	x	8335,70	\$/tn = \$/tn	58,35	
Cemento Asfáltico 70/100	0,0500	tn/tn	x	7465,50	\$/tn = \$/tn	373,28	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn	x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn	x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn	x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12	
1 TOTAL MATERIALES : .. = \$/tn						632,39	45,27%
B - MANO DE OBRA							
Oficial Especializado:	1		x	198,41	\$/h = \$/h	198,41	
Oficial :	12		x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84	
Ayudante :	12		x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96	
Rendimiento:	35	tn/h				3944,21	
COSTO HORARIO : ..... = \$/h						3944,21	
TOTAL MANO DE OBRA :.. = \$/tn						112,69	8,07%
C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales							
Arena Silícea	0,0475	tn/tn	x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56	
Cal Hidráulica hidratada	0,0095	tn/tn	x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78	
Fuel Oil 1 (70/30)	0,0070	un/tn	x	405,60	\$/tn = \$/tn	2,84	
Cemento Asfáltico 70/100	0,0500	tn/tn	x	409,50	\$/tn = \$/tn	20,48	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn	x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn	x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn	x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21	
TOTAL TRANSPORTE : .. = \$/tn						308,67	22,10%
D - AMORTIZACION DE EQUIPOS							
Aplanadora	1		x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Camión de mantenimiento	1		x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión regador de agua	1		x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión volcador	1		x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Cargador frontal	1		x	260,93	\$/h = \$/h	260,93	
Compresor con implementos	1		x	26,09	\$/h = \$/h	26,09	
Laboratorio S°, A° y H°.	1		x	21,74	\$/h = \$/h	21,74	
Moldes y herramientas	1		x	28,99	\$/h = \$/h	28,99	
Tractor con implementos	1		x	115,58	\$/h = \$/h	115,58	
Planta asfáltica 80/100	1		x	724,80	\$/h = \$/h	724,80	
Rodillo neumático	1		x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Terminadora asfáltica	1		x	362,40	\$/h = \$/h	362,40	
Batea Volcadora 25 m3	4		x	130,46	\$/h = \$/h	521,84	
Rendimiento:	35	tn/h				2555,23	
COSTO AMORTIZACION : ..... = \$/h						2555,23	
TOTAL AMORTIZACION :.. = \$/tn						73,01	5,23%
E - REPARACIONES Y REPUESTOS							
Aplanadora	1		x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Camión de mantenimiento	1		x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión regador de agua	1		x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión volcador	1		x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Cargador frontal	1		x	152,21	\$/h = \$/h	152,21	
Compresor con implementos	1		x	15,22	\$/h = \$/h	15,22	
Laboratorio S°, A° y H°.	1		x	12,68	\$/h = \$/h	12,68	
Moldes y herramientas	1		x	16,91	\$/h = \$/h	16,91	
Tractor con implementos	1		x	67,42	\$/h = \$/h	67,42	
Planta asfáltica 80/100	1		x	422,80	\$/h = \$/h	422,80	
Rodillo neumático	1		x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Terminadora asfáltica	1		x	211,40	\$/h = \$/h	211,40	
Batea Volcadora 25 m3	4		x	76,10	\$/h = \$/h	304,40	
Rendimiento:	35	tn/h				1490,54	
COSTO REPARACIONES : ..... = \$/h						1490,54	
TOTAL REPARACIONES :.. = \$/tn						42,59	3,05%
F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES							
Aplanadora	1		x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión de mantenimiento	1		x	369,75	\$/h = \$/h	369,75	
Camión regador de agua	1		x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión volcador	1		x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Cargador frontal	1		x	330,14	\$/h = \$/h	330,14	
Compresor con implementos	1		x	118,85	\$/h = \$/h	118,85	
Laboratorio S°, A° y H°.	1		x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Moldes y herramientas	1		x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Tractor con implementos	1		x	633,85	\$/h = \$/h	633,85	
Planta asfáltica 80/100	1		x	1426,18	\$/h = \$/h	1426,18	
Rodillo neumático	1		x	250,90	\$/h = \$/h	250,90	
Terminadora asfáltica	1		x	422,58	\$/h = \$/h	422,58	
Batea Volcadora 25 m3	4		x	845,14	\$/h = \$/h	3380,56	
Rendimiento:	35	tn/h				7962,83	
COSTO COMBUSTIBLES : ..... = \$/h						7962,83	
TOTAL COMBUSTIBLES : .... = \$/tn						227,51	16,29%
COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : ..... = \$/tn						1396,86	100%
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>						<b>1396,86 \$/tn x 1,69 = \$/tn 2.360,69</b>	

Tabla 5.2 - Análisis de precio de elaboración y colocación de una mezcla asfáltica en caliente

**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRÍO C/EMULSIÓN CRLm**

Distancia de Transporte de emulsión asfáltica = 300 km  
 Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km  
 Distancia de Transporte de arena sílicea = 70 km

**Elaboración y colocación de la mezcla con Planta Ambuloperante**

A - MATERIALES						Incid.:	
Arena Sílicea	0,0475	tn/tn x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52		
Cal Hidráulica hidratada	0,0095	tn/tn x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93		
Emulsión Asfáltica CRLm	0,0800	tn/tn x	7560,00	\$/tn = \$/tn	604,80		
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88		
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31		
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12		
	1,03	TOTAL MATERIALES : .. = \$/tn			805,56		54,03%
B - : MANO DE OBRA							
Oficial Especializado:	1	x	198,41	\$/h = \$/h	198,41		
Oficial :	12	x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84		
Ayudante :	12	x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96		
Rendimiento:	30	COSTO HORARIO : ..... = \$/h			3944,21		
		tn/h			TOTAL MANO DE OBRA := \$/tn		131,47
						8,82%	
C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales							
Arena Sílicea	0,0475	tn/tn x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56		
Cal Hidráulica hidratada	0,0095	tn/tn x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78		
Emulsión Asfáltica CRLm	0,0800	tn/tn x	378,00	\$/tn = \$/tn	30,24		
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88		
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92		
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21		
		TOTAL TRANSPORTE : .. = \$/tn			315,59		21,17%
D - AMORTIZACION DE EQUIPOS							
Aplanadora	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46		
Camión de mantenimiento	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98		
Camión regador de agua	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98		
Camión volcador	3	x	57,98	\$/h = \$/h	173,94		
Cargador frontal	2	x	260,93	\$/h = \$/h	521,86		
Compresor con implementos	1	x	26,09	\$/h = \$/h	26,09		
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	21,74	\$/h = \$/h	21,74		
Moldes y herramientas	1	x	28,99	\$/h = \$/h	28,99		
Tractor con implementos	1	x	115,58	\$/h = \$/h	115,58		
Rodillo neumático	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46		
Planta Ambuloperante	1	x	289,92	\$/h = \$/h	289,92		
Rendimiento:	30	COSTO AMORTIZACION : ..... = \$/h			1613		
		tn/h			TOTAL AMORTIZACION := \$/tn		
							3,61%
E - REPARACIONES Y REPUESTOS							
Aplanadora	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02		
Camión de mantenimiento	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82		
Camión regador de agua	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82		
Camión volcador	3	x	33,82	\$/h = \$/h	101,46		
Cargador frontal	2	x	152,21	\$/h = \$/h	304,42		
Compresor con implementos	1	x	15,22	\$/h = \$/h	15,22		
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	12,68	\$/h = \$/h	12,68		
Moldes y herramientas	1	x	16,91	\$/h = \$/h	16,91		
Tractor con implementos	1	x	67,42	\$/h = \$/h	67,42		
Rodillo neumático	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02		
Planta Ambuloperante	1	x	169,12	\$/h = \$/h	169,12		
Rendimiento:	30	COSTO REPARACIONES : ..... = \$/h			940,91		
		tn/h			TOTAL REPARACIONES := \$/tn	31,36	
						2,10%	
F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES							
Aplanadora	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34		
Camión de mantenimiento	1	x	369,75	\$/h = \$/h	369,75		
Camión regador de agua	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34		
Camión volcador	3	x	343,34	\$/h = \$/h	1030,02		
Cargador frontal	2	x	330,14	\$/h = \$/h	660,28		
Compresor con implementos	1	x	118,85	\$/h = \$/h	118,85		
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00		
Moldes y herramientas	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00		
Tractor con implementos	1	x	633,85	\$/h = \$/h	633,85		
Rodillo neumático	1	x	250,90	\$/h = \$/h	250,90		
Planta Ambuloperante	1	x	845,14	\$/h = \$/h	845,14		
Rendimiento:	30	COSTO COMBUSTIBLES : ..... = \$/h			4595,47		
		tn/h			TOTAL COMBUSTIBLES : .... = \$/tn		
							10,27%
COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : .....					1490,93	100%	
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>					<b>1490,93</b>	<b>1,69</b>	
					<b>\$/tn x</b>	<b>= \$/tn 2.519,67</b>	

Tabla 5.3 - Análisis de precio de elaboración y colocación con planta ambuloperante de una mezcla en frío empleando como ligante emulsión modificada



Si bien como se dijo al principio de este Capítulo, en los análisis de precios se consideraron tres distancias de transporte del ligante y se mantuvo fija la distancia de transporte de agregados pétreos, arena silícea y cal para cubrir en su totalidad el extenso territorio provincial, el estudio económico comparativo se efectuó exclusivamente para una distancia de transporte del ligante bituminoso de 300 km.

Asimismo se estimaron los costos de emplazamiento del Obrador y traslado de una planta asfáltica en caliente y el de una ambuloperante resultando de \$ 704.000 y \$ 268.000 respectivamente.

Se compararon los costos de las mezclas para la ejecución de dos tipos de obras.

- **Costos de mezclas asfálticas para pavimentación de caminos de la red vial secundaria**

La estructura está conformada por:

Subrasante compactada

Subbase granular, Módulo = 120 MPa, e = 20 cm

Base granular, Módulo = 200 MPa, e = 15 cm

Capa de rodamiento:

a) MAC, e = 8 cm

b) MEM, e = 8 cm

c) MEM, e = 12 cm

En la Tabla 5.4 se indican para obras de pavimentación de caminos de la red vial secundaria los costos unitarios de elaboración y colocación de los concretos asfálticos y del emplazamiento del obrador para ambos tipos de mezclas.

COSTOS UNITARIOS DE ELABORACION Y COLOCACION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTACION DE CAMINOS DE LA RED VIAL SECUNDARIA					
LIGANTE BITUMINOSO CAPA RODAMIENTO	COSTO EMPLAZAMIENTO OBRADOR PARA AMBOS TIPOS DE MEZCLA (\$)	(\$/t)	ESPESOR (cm)	(t/m <sup>2</sup> )	(\$/m <sup>2</sup> )
MAC	704.000	2.360,69	8,00	0,1895	447,40
MEM	268.000	2.519,67	8,00	0,1808	455,56
MEM	268.000	2.519,67	12,00	0,2712	683,33

Tabla 5.4 - Costos unitarios de mezclas asfálticas para pavimentación de caminos de la red vial secundaria

En la Tabla 5.5 y en Figura 5.7 puede observarse la variación de costos de elaboración y colocación de ambos tipos de mezcla asfáltica según la cantidad de m<sup>2</sup> a ejecutar.

Asimismo permiten apreciar que a igual vida útil, para obras de 140.000 m<sup>2</sup> la construcción de la mezcla asfáltica en frío con emulsión modificada resulta un 51,46 % más onerosa que la mezcla elaborada en caliente; mientras que para iguales espesores de mezcla, la elaborada con emulsión modificada es ligeramente más costosa que la mezcla en caliente (1,11 %), además de que su vida útil se reduce sustancialmente.

Si bien durante los últimos años el Estado Nacional y las Provincias han efectuado una importante inversión en infraestructura vial, las necesidades en esta materia están muy lejos de ser satisfechas.

Como es lógico, la mayoría de los recursos con que dispone la Repartición se vuelcan mayoritariamente a trabajos de construcción y conservación en la red vial primaria. Por ende debería evaluarse la conveniencia de ejecutar en caminos de bajo volúmenes de tránsito pertenecientes a la red vial secundaria -tales como accesos a localidades del interior bonaerense o tramos que comunican a localidades entre sí cuando se encuentran próximas unas a otras- la pavimentación en dos etapas con mezclas en frío.

En nuestro ejemplo, ejecutar una capa de 6 cm y prever la ejecución de los restantes 6 cm en una segunda etapa, dado que generalmente la ejecución de este

tipo de obras menores no resultan de interés para medianas o grandes empresas viales

Esto posibilitaría mejorar sustancialmente la calidad de vida de las poblaciones rurales y la competitividad de la producción agrícola-ganadera al disponer de caminos transitables los 365 días del año.

<b>COSTO DE MEZCLAS PARA PAVIMENTACION DE CAMINOS DE LA RED VIAL SECUNDARIA</b>			
Cantidad a Ejecutar	Tipo de Ligante		
	MAC [8 cm]	MEM [8 cm]	MEM[12 cm]
m <sup>2</sup>	\$	\$	\$
0	704.000	268.000	268.000
7.000	3.835.790	3.456.890	5.051.340
35.000	16.362.930	16.212.470	24.184.710
70.000	32.021.860	32.156.940	48.101.420
140.000	63.339.720	64.045.890	95.934.830

Tabla 5.5. - Costos de los dos tipos de mezclas para obras de pavimentación de caminos de la red vial secundaria

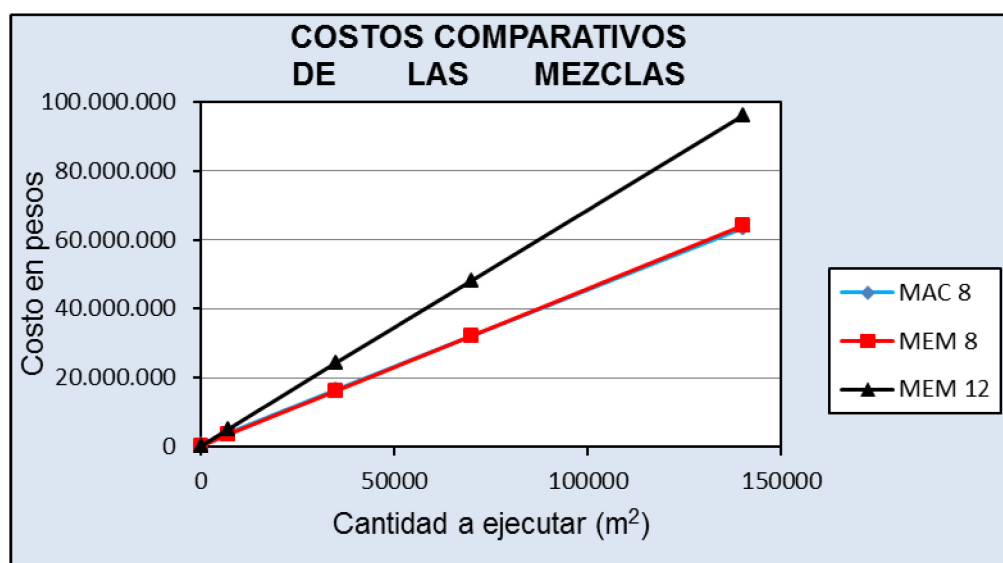


Figura 5.7 - Variación de costos para pavimentación de caminos de la red vial secundaria

- **Costos de mezclas asfálticas para pavimentación urbana u obras menores**

La estructura está conformada por:

Subrasante compactada

Base granular, Módulo = 200 MPa, e = 20 cm

Capa de rodamiento:

a) MAC, e = 6 cm

b) MEM, e = 6 cm

c) MEM, e = 10 cm

En la Tabla 5.6 se muestran para obras de pavimentación urbana u obras menores, los costos unitarios de fabricación y colocación de los concretos asfálticos y del emplazamiento del obrador para ambos tipos de mezclas.

COSTOS UNITARIOS DE ELABORACION Y COLOCACION DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTACION URBANA					
LIGANTE BITUMINOSO CAPA RODAMIENTO	COSTO EMPLAZAMIENTO OBRADOR PARA AMBOS TIPOS DE MEZCLA (\$)	(\$/t)	ESPESOR (cm)	(t/m <sup>2</sup> )	(\$/m <sup>2</sup> )
MAC	704.000	2.360,69	6,00	0,1421	335,55
MEM	268.000	2.519,67	6,00	0,1356	341,67
MEM	268.000	2.519,67	10,00	0,2237	563,75

Tabla 5.6 - Costos unitarios de mezclas asfálticas para pavimentación urbana u obras menores

En la Tabla 5.7 y en la Figura 5.8 se representan para obras de pavimentación urbana u obras menores la variación de costos de elaboración y colocación de ambos tipos de mezcla asfáltica según la cantidad de m<sup>2</sup> a ejecutar.

Puede observarse que para obras menores de hasta 1.910 m<sup>2</sup> la mezcla en frío resulta más económica. En tanto que partir de dicha superficie crece la brecha entre el costo de la mezcla en frío y la mezcla en caliente, resultando para obras de 20.000 m<sup>2</sup> un 55,7 % superior. En tanto que a igualdad de espesores, la mezcla elaborada con emulsión modificada es un

4,2 % más económica que la mezcla en caliente, aunque se reduce notablemente el N° de ejes que podrá soportar la estructura.

<b>COSTO DE MEZCLAS PARA PAVIMENTACION URBANA</b>			
Cantidad a Ejecutar	Tipo de Ligante		
	MAC [6 cm]	MEM [6 cm]	MEM[10 cm]
m <sup>2</sup>	\$	\$	\$
0	704.000	268.000	268.000
1.000	1.039.550	609.670	831.750
5.000	2.381.740	1.976.340	3.086.750
10.000	4.059.480	3.684.670	5.905.510
20.000	7.414.970	7.101.350	11.543.020

Tabla 5.7. - Costos de los dos tipos de mezclas para obras de pavimentación urbana u obras menores

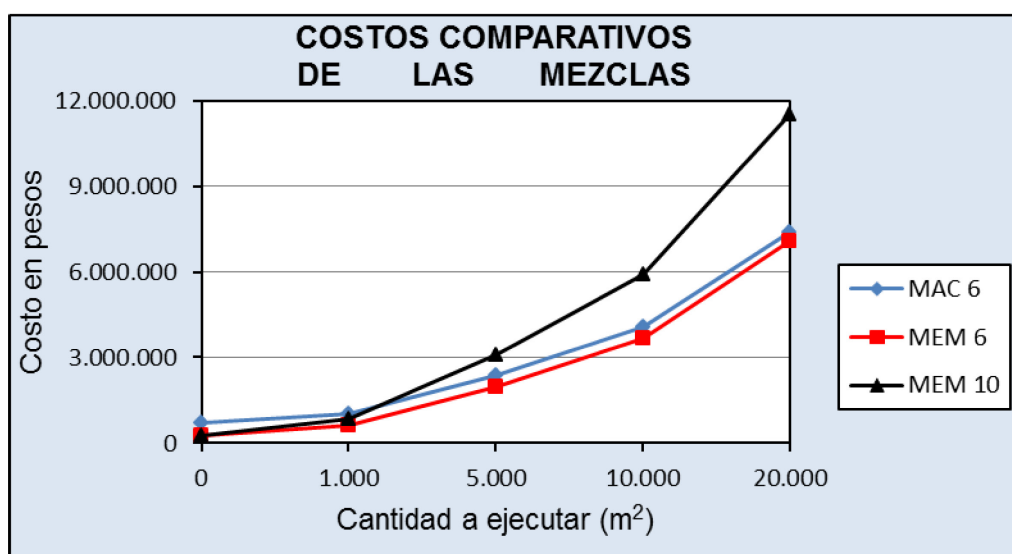


Figura 5.8 - Variación de costos para pavimentación urbana u obras menores

Cabe destacar -como ya se mencionó en el Capítulo 1- las ventajas que traen aparejadas consigo las mezclas asfálticas en frío y que en este análisis no se pueden mensurar, como lo son la menor contaminación ambiental, el no envejecimiento prematuro del ligante, el menor riesgo de accidentes al no tener que manipular los operarios materiales a altas temperaturas, la posibilidad de almacenamiento durante un largo período de tiempo bajo determinadas condiciones, entre otras.

Tampoco se consideró el proceso de maduración de la mezcla que puede llevar semanas o meses dependiendo del tránsito y las condiciones ambientales, período en el cual la mezcla adquiere sus propiedades mecánicas finales.

Si bien las mezclas en frío resultan más costosas que las mezclas en caliente cuando consideramos similar aporte estructural, su ejecución resulta viable para pavimentación urbana en aquellas localidades del interior que no cuentan con una planta asfáltica en caliente instalada, dado que las cargas que transitan son esencialmente livianas.

En trabajos de menor envergadura la elaboración y colocación de la mezcla puede efectuarse de manera más artesanal, tomando ciertos recaudos y extremando los controles de calidad, mediante la utilización de una hormigonera y su posterior distribución con motoniveladora. Esto, previa capacitación del personal municipal de ser necesario, favorecería la ejecución de trabajos de conservación de pavimentos urbanos por Administración, por cooperativas locales o pequeñas empresas del rubro que quizás no cuenten con equipamiento de última generación, o un mix en el que desarrollen acciones conjuntas el estado y la parte privada en pos de generar mano de obra y producir bienes y servicios para el bienestar de la comunidad.

La ejecución de mezclas en frío densamente graduadas resultan viables para pavimentación urbana y para tramos de rutas no demasiados extensos de la red vial provincial secundaria que no serán sometidas a altos volúmenes de tránsito.

Las planillas correspondientes a costos de materiales, mano de obra, equipos, transporte, coeficiente resumen, emplazamiento del obrador, y a los análisis de precios de las restantes alternativas de transporte, elaboración y colocación de las mezclas, como así también las tablas y gráficos que reflejan los costos de los dos tipos de obras para distancias de transporte del ligante bituminoso de 100 km y 500 km se incorporan en el Anexo C.

## CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

### 6.1. RESUMEN DE CONCLUSIONES

La presente Tesis de Maestría se ha centrado en el estudio de mezclas bituminosas en frío densamente graduadas empleando áridos bonaerenses y emulsiones asfálticas convencionales y modificadas de producción nacional con el objetivo de procurar un avance en los procedimientos de diseño. Se las ha analizado desde el punto de vista técnico y económico y se ha comparado su comportamiento con el de una mezcla convencional en caliente. La investigación permitió arribar a las siguientes conclusiones:

- ✓ De los ensayos efectuados a las mezclas estudiadas, puede inferirse que para el caso particular que nos ocupa, una dotación del 8,2 % de ligante bituminoso emulsificado resulta el adecuado, el cual se corresponde con un 5% de asfalto para los materiales utilizados.
- ✓ La utilización de coeficientes de aporte de agua en función del tamaño y origen de los áridos para determinar el agua de preenvuelta resultó apropiado.
- ✓ En el estudio resultó conveniente proceder a compactar la mezcla una vez que la misma haya disipado una humedad en torno al 40 %. Si bien con pérdidas de humedad inferior al 30% las densidades que se obtuvieron fueron más altas, se observó durante la compactación escurrimiento y pérdida de fluido conteniendo ligante y por consiguiente una merma en las propiedades mecánicas de la mezcla.

Cuando la evaporación de los fluidos de compactación fue superior al 50% la mezcla pierde cohesión y trabajabilidad y los valores de densidad caen bruscamente.

- ✓ El ensayo de Inmersión - Compresión no permitió diferenciar en gran medida la sensibilidad de las mezclas elaboradas con los distintos tipos de ligantes frente a la acción del agua, debido fundamentalmente a las altas cargas de compactación que se utilizan (17 Tn), motivo por el cual las densidades son muy similares.

La resistencia conservada, ya sea de las mezclas elaboradas con emulsión convencional como con emulsión modificada, presenta valores altamente satisfactorios. En tanto la mezcla elaborada en caliente, muestra valores de resistencia conservada algo inferior respecto de las mezclas en frío, aunque igualmente aceptables, dado que el mínimo admisible generalmente impuesto en las especificaciones es del orden del 75 al 80 %.

- ✓ Al valorar el efecto del agua pudo apreciarse el diferente comportamiento de las distintas mezclas mediante el ensayo de Tracción Indirecta con muestras compactadas estáticamente con 6 t a diferencia de lo acontecido cuando la compactación se efectuó con 17 t, dado que permitió visualizar que las mezclas en frío elaboradas con emulsión modificada presentan valores de densidad y resistencia a la tracción indirecta tanto en vía seca como saturada algo superior a las elaboradas con emulsión convencional.

Al evaluar el efecto de la temperatura pudo observarse que la caída de la resistencia con la temperatura en valor absoluto es mayor para la mezcla en caliente. Sin embargo si se consideran las pérdidas de resistencia en valores relativos, los porcentajes de disminución son similares para las distintas mezclas.

- ✓ El ensayo de Módulo de Rigidez permitió determinar las siguientes tendencias para las tres mezclas analizadas:
  - a) En todos los casos el valor del módulo se incrementó con el aumento de la frecuencia de carga y disminuyó con el incremento del porcentaje de ligante.
  - b) Independientemente del contenido de ligante, la frecuencia de carga y la temperatura de ensayo el valor del módulo de las mezclas con emulsión



modificada siempre resultó ligeramente superior al de las mezclas con emulsión convencional.

Para el contenido óptimo de asfalto obtenido del ensayo Marshall (5%) a una temperatura de 5 °C y una frecuencia de 1Hz, el valor del módulo de las mezclas en caliente es entre un 92 % y un 99 % superior al de las mezclas en frío. A 25 °C y 1 Hz de frecuencia de carga el citado porcentaje se reduce y oscila entre un 48 % y un 55 %, algo similar acontece a 45 °C y 1 Hz de frecuencia ya que el mismo se sitúa entre un 44 % y un 56 %.

- ✓ Para realizar el ensayo Wheel Tracking Test en una primera instancia se intentó moldear las muestras con la metodología pautada en la Norma NLT 173-84, pero el grado de densificación alcanzado resultó insuficiente. Se consiguieron densidades de 2.103 g/cm<sup>3</sup> para la emulsión convencional y de 2.071 g/cm<sup>3</sup> para la emulsión modificada.

- ✓ A los efectos de obtener las densidades deseadas se efectuó una doble compactación siguiendo la metodología expuesta en el Capítulo 3. De esa forma se logró un aumento de la densidad entre un 6 % y un 8 % con respecto a las probetas que fueron compactadas una sola vez. Esta metodología de compactación en dos etapas también podría reproducirse en obra.

En este ensayo pudo observarse que para 45 °C las curvas de deformaciones para ambos tipos de emulsión presentan valores de PRD muy similares, en tanto que el valor WTS es el doble para la mezcla con emulsión convencional (no obstante ambos valores son bajos), por lo tanto a esta temperatura el efecto favorable de la incorporación del polímero en el asfalto no se aprecia ostensiblemente.

Para la temperatura de ensayo de 60 °C indicada por la Norma, la curva de la mezcla elaborada con emulsión modificada tiende a horizontalizarse a partir de los 9000 ciclos, mientras que en la mezcla con emulsión convencional mantiene su pendiente creciente hasta el final del ensayo. Aquí si pude verse claramente el efecto positivo de incorporar el polímero al ligante, ya que la mezcla con emulsión modificada presenta un mejor comportamiento frente a las deformaciones plásticas.

De acuerdo al Pliego de Especificaciones Técnicas -en elaboración- de la D.N.V. la mezcla confeccionada con emulsión modificada puede ser utilizada como capa de rodamiento para un tránsito máximo T3 o como capa de base para un tránsito T2, si bien la mezcla estudiada no fue diseñada y concebida para este último objetivo. En tanto que la mezcla fabricada con emulsión convencional no podría ser utilizada para ningún tipo de capa ya que no cumple con las exigencias de resistencia al ahuellamiento.

- ✓ La propuesta metodológica para el diseño de la mezcla asfáltica en frío contempla efectuar el control de calidad de ésta mediante el ensayo de Tracción Indirecta a una temperatura de 5°C porque reproduce el estado crítico de tensiones, el cual se origina en la fibra inferior de la capa bituminosa. Se adoptó como criterio de aceptación un valor mínimo de RTI de 1,5 MPa. y que la Resistencia Conservada de la mezcla no sea inferior al 80 %.
- ✓ El análisis de estas dos secciones estructurales, escogidas como casos que podrían representar a estructuras reales, han permitido obtener factores de equivalencia de espesores de mezcla asfáltica en frío con emulsión modificada de 1,53 y 1,65 según el tipo de obra considerado, valores muy próximos al valor de 1,6 mencionado por el Dr. Ruiz.

En todos los casos se deberá tener en cuenta que las características de las mezclas estudiadas, así como las del resto de las capas y la subrasante, podrían alterar estos factores.

Cabe destacar que si con la adición de un ligante hidráulico aumentamos en aproximadamente un 50 % el valor del módulo de las capas subyacentes, lograríamos extender la vida útil de la estructura.

- ✓ Del análisis de los costos de elaboración y colocación de las distintas mezclas surge que la ejecución de la mezcla en frío densamente graduada resulta viable para pavimentación urbana en las pequeñas localidades del interior en las cuales no se justifica económicamente la instalación de un planta para

elaborar mezclas asfálticas en caliente y para la ejecución por etapas de tramos de corta extensión de caminos pertenecientes a la red vial provincial secundaria que no serán sometidas a altos volúmenes de tránsito.

Asimismo resulta válida su aplicación en trabajos de menor envergadura, dado que la elaboración y colocación de la mezcla puede efectuarse de manera más artesanal, tomando ciertos recaudos y extremando los controles de calidad, mediante la utilización de una hormigonera y su posterior distribución con motoniveladora.

Esto facilitaría la ejecución de trabajos de conservación de pavimentos urbanos por administración, por cooperativas locales o pequeñas empresas del rubro que quizás no cuenten con equipamiento de última generación, o un mix en el que desarrollen acciones conjuntas el estado y la parte privada en pos de generar mano de obra y producir bienes y/o servicios para el bienestar de la comunidad.

Vale destacar que aquí no se contemplan ventajas adicionales como lo son una menor contaminación ambiental, el no envejecimiento prematuro del ligante al no tener que calentarlo, la exclusión de riesgos de incendios y por ende la disminución de accidentes de trabajo al no tener que manipular materiales con altas temperaturas.

## **6.2. TRABAJOS FUTUROS**

Entendiendo que se han dado por cumplido los objetivos de la presente investigación, como futuras acciones se prevé interesar a las autoridades de la D.V.B.A. para que se incluya en algunos de los Planes de Obras que lleva adelante la Repartición la ejecución de un tramo experimental. Esto posibilitaría corroborar que la metodología propuesta es adecuada, correlacionar fehacientemente en campaña los datos obtenidos en laboratorio, y en caso de resultar necesario efectuar los ajustes para lograr un producto final de buena calidad, como asimismo realizar el control en las etapas de producción y ejecución de la mezcla y efectuar un seguimiento del comportamiento de dicho tramo.



## **ANEXO A**

# **CÁLCULO DE LA CONCENTRACIÓN VOLUMÉTRICA Y RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

En el presente Anexo se incluyen los resultados de los siguientes cálculos y ensayos:

A.1 - Cálculo de la Concentración Volumétrica y de la relación  $C_v/C_s$

A.2 - Ensayo Marshall

A.3 - Ensayo Inmersión-Compresión

A.4 - Ensayo Tracción Indirecta

A.5 - Ensayo Módulo de Rigidez

## A.1 - CÁLCULO DE LA CONCENTRACIÓN VOLUMÉTRICA Y DE LA RELACIÓN Cv/Cs

### CALCULO DE LA RELACION Cv/Cs

#### 4,0% Asfalto

Peso Específico del filler total de la mezcla = 2,681 gr/cm<sup>3</sup>

Cs = Peso Filler/(Vol Filler x Pesp Filler) = 0,275

Pasa Tamiz 200 = 5,5 %

Del 100% de los agregados el 5,5% pasa el tamiz 200

Del 96% de los agregados el 5,28% pasa el tamiz 200

Vol Filler = 5,28/2,681 = 1,969 cm<sup>3</sup>

Cv = Vol Filler/(Vol Filler + Betun) = 1,969/(1,969 + 4) = 0,33

**Cv/Cs = 0,33/0,275 = 1,20**

#### 4,5% Asfalto

Del 100% de los agregados el 5,5% pasa el tamiz 200

Del 95,5% de los agregados el 5,253% pasa el tamiz 200

Vol Filler = 5,253/2,681 = 1,959 cm<sup>3</sup>

Cv = Vol Filler/(Vol Filler + Betun) = 1,959/(1,959 + 4,5) = 0,303

**Cv/Cs = 0,303/0,275 = 1,10**

#### 5,0% Asfalto

Del 100% de los agregados el 5,5% pasa el tamiz 200

Del 95% de los agregados el 5,225% pasa el tamiz 200

Vol Filler = 5,225/2,681 = 1,949 cm<sup>3</sup>

Cv = Vol Filler/(Vol Filler + Betun) = 1,949/(1,949 + 5) = 0,280

**Cv/Cs = 0,280/0,275 = 1,02**

#### 5,5% Asfalto

Del 100% de los agregados el 5,5% pasa el tamiz 200

Del 94,5% de los agregados el 5,20% pasa el tamiz 200

Vol Filler = 5,20/2,681 = 1,940 cm<sup>3</sup>

Cv = Vol Filler/(Vol Filler + Betun) = 1,940/(1,940 + 5,5) = 0,261

**Cv/Cs = 0,261/0,275 = 0,95**

#### 6% Asfalto

Del 100% de los agregados el 5,5% pasa el tamiz 200

Del 94,% de los agregados el 5,17% pasa el tamiz 200

Vol Filler = 5,17/2,681 = 1,928 cm<sup>3</sup>

Cv = Vol Filler/(Vol Filler + Betun) = 1,928/(1,928 + 6) = 0,243

**Cv/Cs = 0,243/0,275 = 0,88**

## A.2 - ENSAYO MARSHALL

## ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUENCIA MARSHALL

4,0% Asfalto

Cantidad de Probetas: 4

Datos:

DENSIDAD APARENTE				
Número de probeta	18	19	20	21
Peso en el aire	1108,7	1114,9	1111,2	1108,5
Peso sumergido	625,2	627,4	630,6	623,4
peso sss	1121,4	1127,1	1125,3	1118,1
Volumen	496,2	499,7	494,7	494,7
	2,234	2,231	2,246	2,241
<b>Densidad Aparente</b>	2,234	2,231	2,246	2,241
<b>DENSIDAD MEDIA</b>	2,238			

Densidad valor mas alto

$$(D20 - D Media)/Dmedia * 100 \leq 1$$

$$(2,246 - 2,238)/2,238 * 100 = 0,36 \leq 1$$

Densidad valor mas bajo

$$(Dmedia - D19)/Dmedia * 100 \leq 1$$

$$(2,238 - 2,231)/2,238 * 100 = 0,31 \leq 1$$

DENSIDAD MEDIA 2,238

DENSIDAD RICE 2,519  
VACIOS 11,2

Vacios probetas 11,3 11,4 10,8 11,1

D Aparente 2,238  
D Rice 2,519  
Vacios 11,2

## ESTABILIDAD MARSHALL

Lectura de Estabilidad	34	30	33	34
Factor de Corrección	1,09	1,09	1,09	1,09
<b>Estabilidad Marshall</b>	371	327	360	371
<b>Estabilidad Media</b>	357			

Estabilidad valor mas alto

$$(E18 - E Media)/E Media * 100 \leq 10$$

$$3,92 \leq 10$$

Estabilidad valor mas bajo

$$(E Media - E19)/E Media * 100 \leq 10$$

$$8,4 \leq 10$$

Estabilidad Media 357

Fluencia 3,55 3,4 3,25 3,1  
Fluencia Promedio 3,3

Fluencia valor mas alto

$$(F18 - F Media)/F Media * 100 \leq 20$$

$$7,58 \leq 20$$

Fluencia valor mas bajo

$$(FMedia - F21)/F Media * 100 \leq 20$$

$$6 \leq 20$$

Fluencia Promedio 3,3

Relación Estab/Fluencia 1045 962 1108 1197

Relacion Estab/Fluencia Promedio 1078



<b>ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUENCIA MARSHALL</b>
--

<b>4,5% Asfalto</b>
---------------------

Cantidad de Probetas: 4

Datos:

DENSIDAD APARENTE				
Número de probeta	1	2	3	4
Peso en el aire	1108,6	1105,0	1102,6	1110,0
Peso sumergido	624,6	622,5	618,6	624,3
peso sss	1118,1	1116,2	1112,7	1115,1
Volumen	493,5	493,7	494,1	490,8
<b>Densidad Aparente</b>	<b>2,246</b>	<b>2,238</b>	<b>2,232</b>	<b>2,262</b>
<b>DENSIDAD MEDIA</b>	<b>2,244</b>			

Densidad valor mas alto

$$(D1 - D \text{ Media})/D \text{ media} * 100 \leq 1$$

$$(2,262 - 2,244)/2,244 * 100 = 0,80 \leq 1$$

Densidad valor mas bajo

$$(D \text{ media} - D3)/D \text{ media} * 100 \leq 1$$

$$(2,244 - 2,232)/2,244 * 100 = 0,54 \leq 1$$

<b>DENSIDAD MEDIA</b>	<b>2,244</b>
-----------------------	--------------

<b>DENSIDAD RICE</b>	<b>2,497</b>
<b>VACIOS</b>	<b>10,1</b>

<b>Vacios probetas</b>	<b>10,0</b>	<b>10,4</b>	<b>10,6</b>	<b>9,4</b>
------------------------	-------------	-------------	-------------	------------

<b>D Aparente</b>	<b>2,244</b>
<b>D Rice</b>	<b>2,497</b>
<b>Vacios</b>	<b>10,1</b>

## ESTABILIDAD MARSHALL

Lectura de Estabilidad	35	28	34	36
Factor de Corrección	1,09	1,09	1,09	1,09
<b>Estabilidad Marshall</b>	<b>382</b>	<b>305</b>	<b>371</b>	<b>392</b>
<b>Estabilidad Media</b>	<b>362</b>			

Estabilidad valor mas alto

$$(E4 - E \text{ Media})/E \text{ Media} * 100 \leq 10 \quad 8,29 \leq 10$$

Estabilidad valor mas bajo

$$(E \text{ Media} - E2)/E \text{ Media} * 100 \leq 10 \quad 16,44 > 10$$

Se descarta la probeta N° 2

<b>Estabilidad Media</b>	<b>381</b>
--------------------------	------------

<b>Fluencia</b>	<b>3</b>	<b>---</b>	<b>2,6</b>	<b>3</b>
<b>Fluencia Promedio</b>	<b>2,9</b>			

Fluencia valor mas alto

$$F1 - F \text{ Media})/F \text{ Media} * 100 \leq 20 \quad 3,45 \leq 20$$

Fluencia valor mas bajo

$$(F \text{ Media} - F3)/F \text{ Media} * 100 \leq 20 \quad 10,35 \leq 20$$

<b>Fluencia Promedio</b>	<b>2,9</b>
--------------------------	------------

<b>Relación Estab/Fluencia</b>	<b>1272</b>	<b>---</b>	<b>1425</b>	<b>1308</b>
--------------------------------	-------------	------------	-------------	-------------

<b>Relación Estab/Fluencia Promedio</b>	<b>1335</b>
---	-------------

<b>ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUENCIA MARSHALL</b>
--

<b>5,0% Asfalto</b>
---------------------

Cantidad de Probetas: 4

Datos:

DENSIDAD APARENTE				
Número de probeta	5	6	7	8
Peso en el aire	1088,6	1108,1	1100,1	1104,1
Peso sumergido	616,4	628,7	621,8	622,3
Peso sss	1097,5	1120,0	1112,9	1113,0
Volumen	481,1	491,3	491,1	490,7
<b>Densidad Aparente</b>	<b>2,263</b>	<b>2,255</b>	<b>2,240</b>	<b>2,250</b>
<b>DENSIDAD MEDIA</b>	<b>2,252</b>			

Densidad valor mas alto

$$(D5 - D \text{ Media})/D \text{ media} * 100 \leq 1$$

$$(2,263 - 2,252)/2,252 * 100 = 0,49 \leq 1$$

Densidad valor mas bajo

$$(D \text{ media} - D7)/D \text{ media} * 100 \leq 1$$

$$(2,252 - 2,240)/2,252 * 100 = 0,53 \leq 1$$

<b>DENSIDAD MEDIA</b>	<b>2,252</b>
-----------------------	--------------

<b>DENSIDAD RICE</b>	<b>2,480</b>
<b>VACIOS</b>	<b>9,2</b>

<b>Vacios probetas</b>	<b>8,8</b>	<b>9,0</b>	<b>9,7</b>	<b>9,3</b>
------------------------	------------	------------	------------	------------

<b>D Aparente</b>	<b>2,252</b>
<b>D Rice</b>	<b>2,480</b>
<b>Vacios</b>	<b>9,2</b>

## ESTABILIDAD MARSHALL

Lectura de Estabilidad	33	32	27	31
Factor de Corrección	1,14	1,09	1,09	1,09
<b>Estabilidad Marshall</b>	<b>376</b>	<b>349</b>	<b>294</b>	<b>338</b>
<b>Estabilidad Media</b>	<b>339</b>			

Estabilidad valor mas alto

$$(E6 - E \text{ Media})/E \text{ Media} * 100 \leq 10 \quad 5,44 \leq 10$$

Estabilidad valor mas bajo

$$(E \text{ Media} - E7)/E \text{ Media} * 100 \leq 10 \quad 11,18 > 10$$

Se descarta la probeta N° 7

<b>Estabilidad Media</b>	<b>354</b>
--------------------------	------------

<b>Fluencia</b>	<b>3</b>	<b>2,6</b>	<b>---</b>	<b>2,4</b>
<b>Fluencia Promedio</b>	<b>2,7</b>			

Fluencia valor mas alto

$$F5 - F \text{ Media}/F \text{ Media} * 100 \leq 20 \quad 11,11 \leq 20$$

Fluencia valor mas bajo

$$(F \text{ Media} - F8)/F \text{ Media} * 100 \leq 20 \quad 11,11 \leq 20$$

<b>Fluencia Promedio</b>	<b>2,7</b>
--------------------------	------------

<b>Relación Estab/Fluencia</b>	<b>1253</b>	<b>1342</b>	<b>---</b>	<b>1408</b>
--------------------------------	-------------	-------------	------------	-------------

<b>Relación Estab/Fluencia Promedio</b>	<b>1335</b>
---	-------------

<b>ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUENCIA MARSHALL</b>
--

<b>5,5% Asfalto</b>
---------------------

**Cantidad de Probetas: 4**

**Datos:**

<b>DENSIDAD APARENTE</b>				
Número de probeta	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Peso en el Aire	1100,4	1091,8	1101,3	1100,5
Peso sumergido	624,7	619,7	623,5	623,1
peso sss	1108,6	1103,6	1109,3	1108,3
Volumen	483,9	483,9	485,8	485,2
<b>Densidad Aparente</b>	<b>2,274</b>	<b>2,256</b>	<b>2,267</b>	<b>2,268</b>
<b>DENSIDAD MEDIA</b>	<b>2,266</b>			

**Densidad valor mas alto**

$$(D9 - D Media)/Dmedia * 100 \leq 1$$

$$(2,274 - 2,266)/2,266 * 100 = 0,35 \leq 1$$

**Densidad valor mas bajo**

$$(Dmedia - D10)/Dmedia * 100 \leq 1$$

$$(2,266 - 2,256)/2,266 * 100 = 0,44 \leq 1$$

<b>DENSIDAD MEDIA</b>	<b>2,266</b>
-----------------------	--------------

<b>DENSIDAD RICE</b>	<b>2,459</b>
<b>VACIOS</b>	<b>7,8</b>

<b>Vacios probetas</b>	<b>7,5</b>	<b>8,3</b>	<b>7,8</b>	<b>7,8</b>
------------------------	------------	------------	------------	------------

<b>D Aparente</b>	<b>2,265</b>
<b>D Rice</b>	<b>2,459</b>
<b>Vacios</b>	<b>7,9</b>

**ESTABILIDAD MARSHALL**

Lectura de Estabilidad	28	27	31	27
Factor de Corrección	1,09	1,09	1,09	1,09
<b>ESTABILIDAD Marshall</b>	<b>305</b>	<b>294</b>	<b>338</b>	<b>294</b>
<b>Estabilidad Promedio</b>	<b>308</b>			

**Estabilidad valor mas alto**

$$(E11 - E Media)/E Media * 100 \leq 10$$

$$9,74 \leq 10$$

**Estabilidad valor mas bajo**

$$(E Media - E10)/E Media * 100 \leq 10$$

$$4,55 \leq 10$$

<b>Estabilidad Media</b>	<b>308</b>
--------------------------	------------

<b>Fluencia</b>	<b>3</b>	<b>2,6</b>	<b>2,4</b>	<b>3</b>
<b>Fluencia Promedio</b>	<b>2,8</b>			

**Fluencia valor mas alto**

$$F9 - F Media)/F Media * 100 \leq 20$$

$$7,14 \leq 20$$

**Fluencia valor mas bajo**

$$(FMedia - F13)/F Media * 100 \leq 20$$

$$14,29 \leq 20$$

<b>Fluencia Promedio</b>	<b>2,8</b>
--------------------------	------------

<b>Relación Estab/Fluencia</b>	<b>1017</b>	<b>1131</b>	<b>1408</b>	<b>980</b>
<b>Relacion Estab/Fluencia Promedio</b>	<b>1134</b>			

<b>ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUENCIA MARSHALL</b>
--

<b>6,0% Asfalto</b>
---------------------

**Cantidad de Probetas: 4**

**Datos:**

<b>DENSIDAD APARENTE</b>				
Número de probeta	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>
Peso en el aire	1102,3	1096,3	1101,8	1102,0
Peso sumergido	623,6	619,0	624,9	621,5
Peso sss	1109,6	1103,4	1107,9	1112,0
Volumen	486,0	484,4	483,0	490,5
<b>Densidad Aparente</b>	<b>2,268</b>	<b>2,263</b>	<b>2,281</b>	<b>2,247</b>
<b>DENSIDAD MEDIA</b>	<b>2,265</b>			

**Densidad valor mas alto**

$$(D16 - D Media)/Dmedia * 100 \leq 1$$

$$(2,281 - 2,265)/2,265 * 100 = 0,71 \leq 1$$

**Densidad valor mas bajo**

$$(Dmedia - D17)/Dmedia * 100 \leq 1$$

$$(2,265 - 2,247)/2,265 * 100 = 0,80 \leq 1$$

<b>DENSIDAD MEDIA</b>	<b>2,265</b>
-----------------------	--------------

<b>DENSIDAD RICE</b>	<b>2,444</b>
<b>VACIOS</b>	<b>7,3</b>

<b>Vacios probetas</b>	<b>7,2</b>	<b>7,4</b>	<b>6,6</b>	<b>8,1</b>
------------------------	------------	------------	------------	------------

<b>D Aparente</b>	<b>2,265</b>
<b>D Rice</b>	<b>2,444</b>
<b>Vacios</b>	<b>7,3</b>

**ESTABILIDAD MARSHALL**

Lectura de Estabilidad	27	27	30	24
Factor de Corrección	1,09	1,09	1,09	1,09
<b>Estabilidad Marshall</b>	<b>294</b>	<b>294</b>	<b>327</b>	<b>262</b>
<b>Estabilidad Media</b>	<b>294</b>			

**Estabilidad valor mas alto**

$$(E16 - E Media)/E Media * 100 \leq 10 \quad 8,28 \leq 10$$

**Estabilidad valor mas bajo**

$$(E Media - E17)/E Media * 100 \leq 10 \quad 13,25 > 10$$

**Se descarta la probeta N° 17**

<b>Estabilidad Media</b>	<b>305</b>
--------------------------	------------

<b>Fluencia</b>	<b>2,25</b>	<b>2,3</b>	<b>2,5</b>	<b>---</b>
<b>Fluencia Promedio</b>	<b>2,4</b>			

**Fluencia valor mas alto**

$$F16 - F Media)/F Media * 100 \leq 20 \quad 4,17 \leq 20$$

**Fluencia valor mas bajo**

$$(FMedia - F14)/F Media * 100 \leq 20 \quad 6,67 \leq 20$$

<b>Fluencia Promedio</b>	<b>2,4</b>
--------------------------	------------

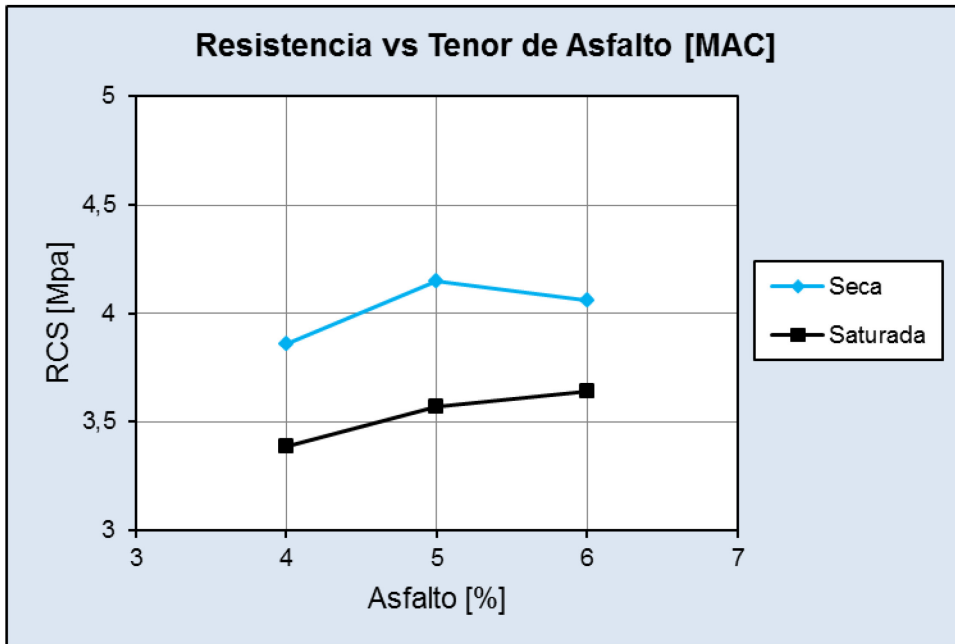
<b>Relación Estab/Fluencia</b>	<b>1307</b>	<b>1278</b>	<b>1308</b>
--------------------------------	-------------	-------------	-------------

<b>Relacion Estab/Fluencia Promedio</b>	<b>1298</b>
---	-------------

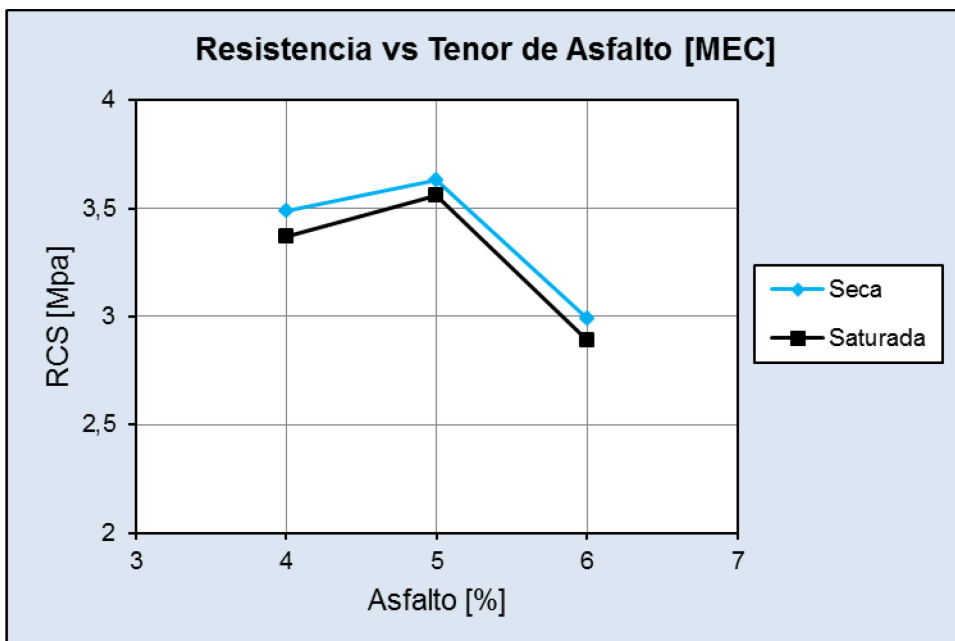
**A.3 - ENSAYO DE INMERSIÓN-COMPRESIÓN**

Ligante		ENSAYO DE INMERSION - COMPRESION										
		Nº	P aire [g]	Psum [g]	Psss [g]	D Aparente	D Media	Condicion	Carga [kg]	Resist. [MPa]	Resist. Media [MPa]	Resist. Conservada [%]
Emulsión Convencional	5%	1	1816,9	1049,5	1825,7	2,341	2,338	Seca	2940	3,63	3,63	98,1
		2	1808,3	1047,5	1822,5	2,333			2935	3,63		
		3	1819,1	1050,1	1827,1	2,341			2949	3,64		
		4	1818,9	1048,9	1826,5	2,339			2941	3,63		
		5	1815,4	1047,2	1824,7	2,335			2930	3,62		
	6	1823,5	1055,8	1835,3	2,339	2,338	Saturada	2788	3,45	3,56		
	7	1788,4	1036,6	1801,8	2,337			2976	3,68			
	8	1822,7	1050,6	1828,3	2,344			2981	3,68			
	9	1812,3	1047,7	1823,6	2,336			2842	3,51			
	10	1808,1	1047,1	1821,8	2,334			2835	3,50			
Emulsión Modificada	5%	11	1831,2	1055,1	1843	2,324	2,324	Seca	2976	3,68	3,71	96,7
		12	1821	1050,6	1833,7	2,325			3035	3,75		
		13	1830,2	1054,4	1842,1	2,323			2949	3,64		
		14	1818,1	1049,3	1831,2	2,325			3022	3,73		
		15	1820,1	1049,7	1832,9	2,324			3014	3,72		
	16	1809,9	1048,7	1828,8	2,320	2,323	Saturada	2760	3,41	3,58		
	17	1825,2	1051,5	1836,4	2,325			3130	3,87			
	18	1825,5	1051,9	1836,9	2,325			3026	3,74			
	19	1811,6	1049,3	1829,2	2,323			2801	3,46			
	20	1812,4	1049,7	1830,1	2,322			2783	3,44			
Asfalto Convencional	5%	21	1888,5	1084,1	1893,6	2,333	2,332	Seca	3411	4,22	4,15	86,1
		22	1886,2	1083,4	1893	2,330			3290	4,07		
		23	1883,2	1083,1	1889,8	2,334			3438	4,25		
		24	1884,3	1081,2	1891,7	2,325			3243	4,01		
		25	1886	1083,4	1890	2,338			3395	4,20		
	26	1880,5	1082,9	1887,6	2,337	2,336	Saturada	2905	3,59	3,57		
	27	1879,3	1081,1	1884,7	2,339			2927	3,62			
	28	1889,6	1085,2	1893,7	2,337			2911	3,60			
	29	1879,4	1081,0	1885,7	2,336			2859	3,53			
	30	1877,1	1079,0	1884,0	2,332			2845	3,52			

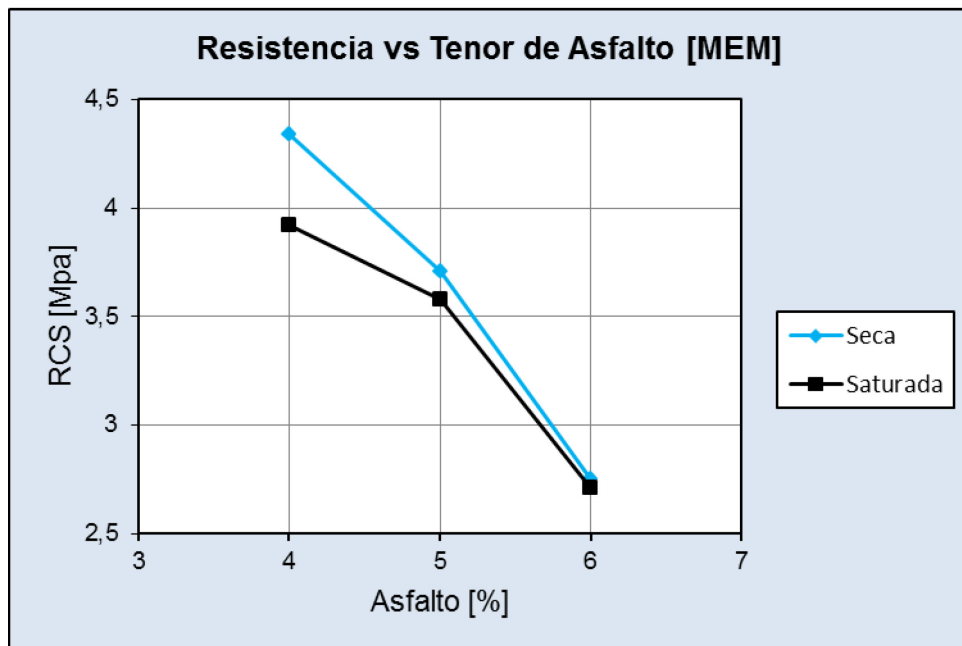
**GRAFICOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE INMERSIÓN-COMPRESIÓN**



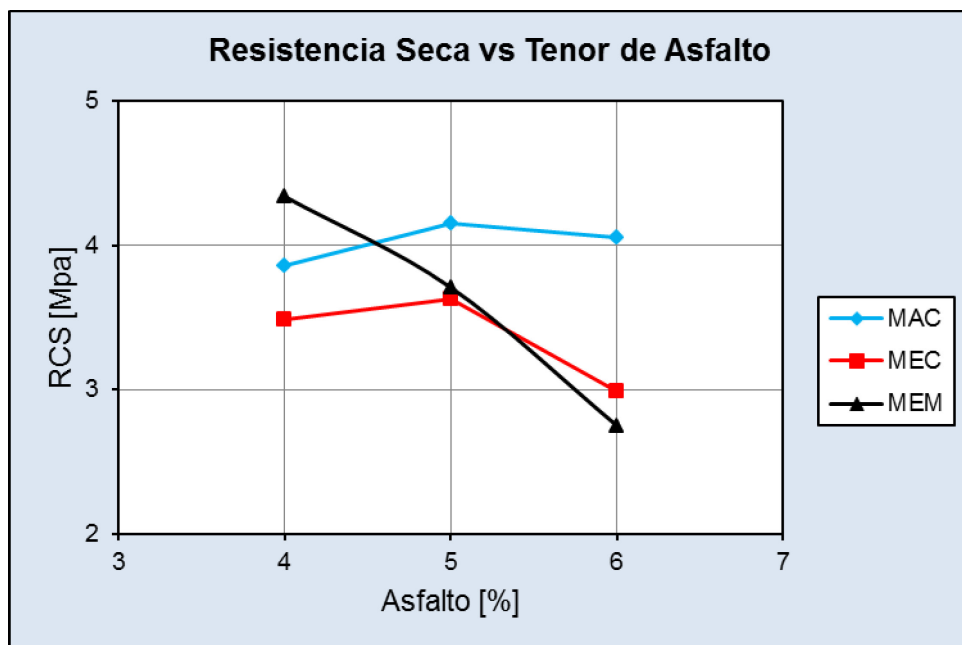
Variación de la Resistencia a Compresión Simple Seca y Saturada con el contenido de asfalto de la mezcla en caliente



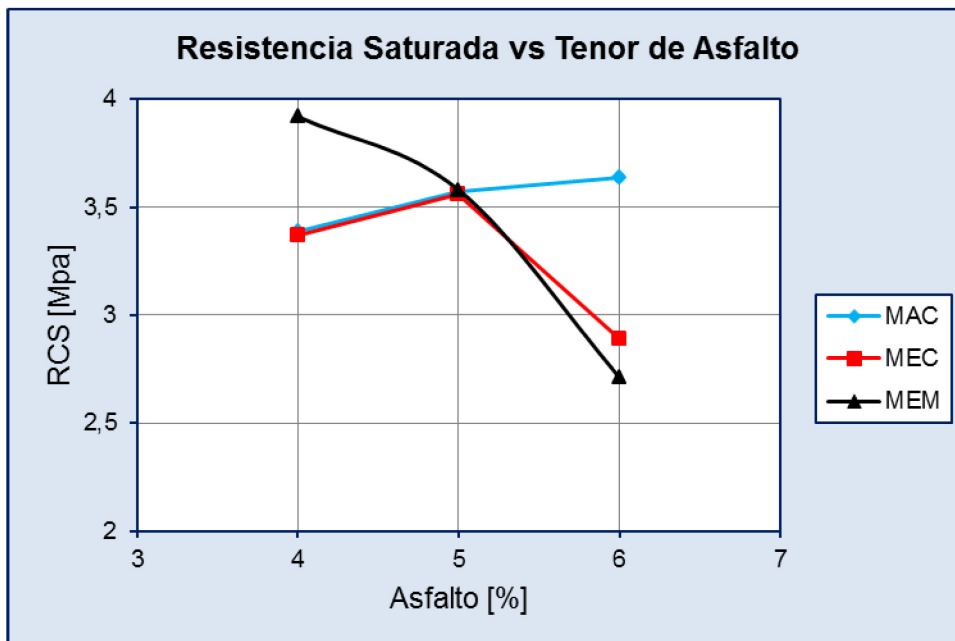
Variación de la Resistencia a Compresión Simple Seca y Saturada con el contenido de asfalto de la mezcla con emulsión convencional



Variación de la Resistencia a Compresión Simple Seca y Saturada con el contenido de asfalto de la mezcla con emulsión modificada



Variación de la Resistencia a Compresión Simple Seca con el contenido de asfalto en las tres mezclas



Variación de la Resistencia a Compresión Simple Saturada con el contenido de asfalto en las tres mezclas



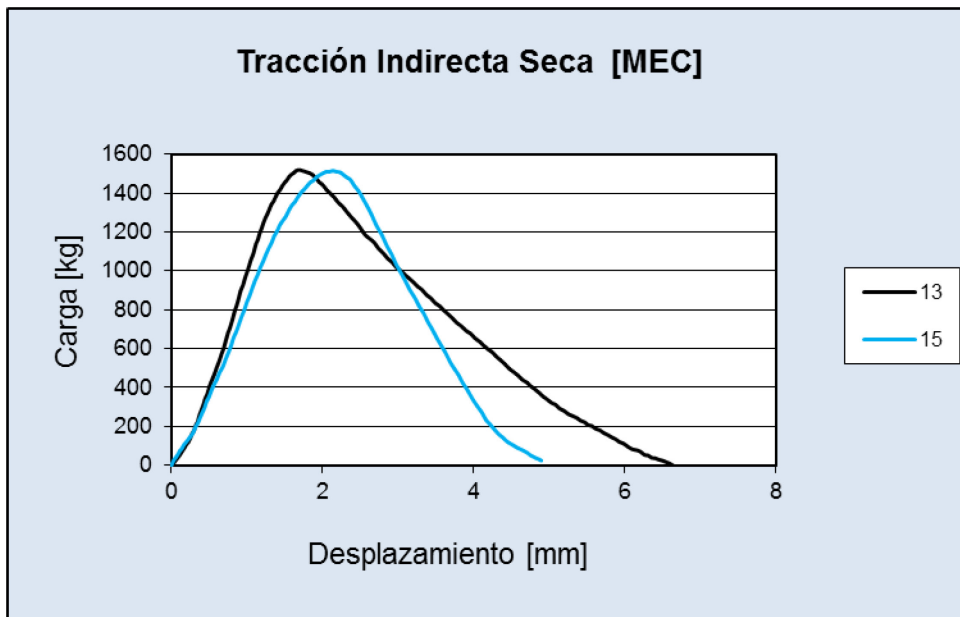
**A.4 - ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA**

Ligante	ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA [MAC]											
	Nº	Peso seco [g]	Peso sum [g]	Peso sss [g]	D aparente [g/cm <sup>3</sup> ]	D Ap Media Subgrupo [g/cm <sup>3</sup> ]	D Ap Media Grupo [g/cm <sup>3</sup> ]	Temperatura [° C]	Carga [kg]	Resistencia [MPa]	Resist. Media [MPa]	Resist. Conservada [%]
4% Residual	1	1211,2	703,1	1224,1	2,325	2,320	2,325	5°C secas	2867	2,81	2,818	98,04
	2	1224	706	1234,6	2,316				2996	2,85		
	3	1219,4	703,9	1229,6	2,320				2900	2,80		
	4	1233,8	715,2	1242	2,342	2,338		5°C saturadas	2915	2,81	2,763	
	5	1220,2	708,5	1230,5	2,338				2820	2,72		
	6	1218,5	706,4	1228,2	2,335				2900	2,76		
	7	1218,3	705,6	1227,6	2,334	2,325		25°C	758	0,73	0,733	
	8	1222,3	706,1	1230,1	2,333				760	0,73		
	9	1213,8	699,6	1225,1	2,310				762	0,74		
	10	1233,4	713,4	1245,4	2,318	2,316		45°C	105	0,10	0,100	
	11	1229	710,8	1243,5	2,307				97	0,09		
	12	1219,6	705,4	1230,5	2,323				113	0,11		
5% Residual	13	1224,9	711,9	1226,3	2,381	2,369	2,365	5°C secas	3233	3,17	3,081	99,28
	14	1222,1	704,3	1224,1	2,351				2815	2,72		
	15	1205,3	699,7	1207	2,376				3006	2,99		
	16	1227,6	713,4	1228,7	2,382	2,369		5°C saturadas	3381	3,31	3,058	
	17	1218,8	702,6	1220,9	2,352				2601	2,51		
	18	1227,5	711,2	1228,2	2,374				3367	3,35		
	19	1219	705,4	1220,6	2,366	2,361		25°C	843	0,83	0,848	
	20	1205,1	697,3	1206,6	2,366				863	0,86		
	21	1214,2	699,2	1215,9	2,350				861	0,86		
	22	1228,1	708,2	1229,1	2,358	2,360		45°C	154,5	0,15	0,150	
23	1226,6	708,3	1227,6	2,362	153		0,15					
24	1216,4	696,6	1218	2,333	156		0,15					
6% Residual	25	1216,9	712	1217,3	2,408	2,403	2,403	5°C secas	3550	3,59	3,294	96,31
	26	1212,5	707,5	1213	2,399				2900	2,98		
	27	1231,9	719,2	1232,2	2,401				3270	3,31		
	28	1218,5	711,6	1219,1	2,401	2,406		5°C saturadas	2852	2,89	3,172	
	29	1220,3	714	1220,7	2,408				3376	3,36		
	30	1228	718,5	1228,4	2,408				3233	3,27		
	31	1226,8	715,2	1227,3	2,396	2,401		25°C	608	0,61	0,639	
	32	1213,8	710	1214,4	2,406				673	0,68		
	33	1222,5	714,1	1223	2,402				624	0,63		
	34	1211,4	709,5	1212,1	2,410	2,401		45°C	144	0,15	0,150	
	35	1215,1	706,8	1216	2,386				152	0,15		
	36	1215,6	711,2	1216,4	2,406				151	0,15		

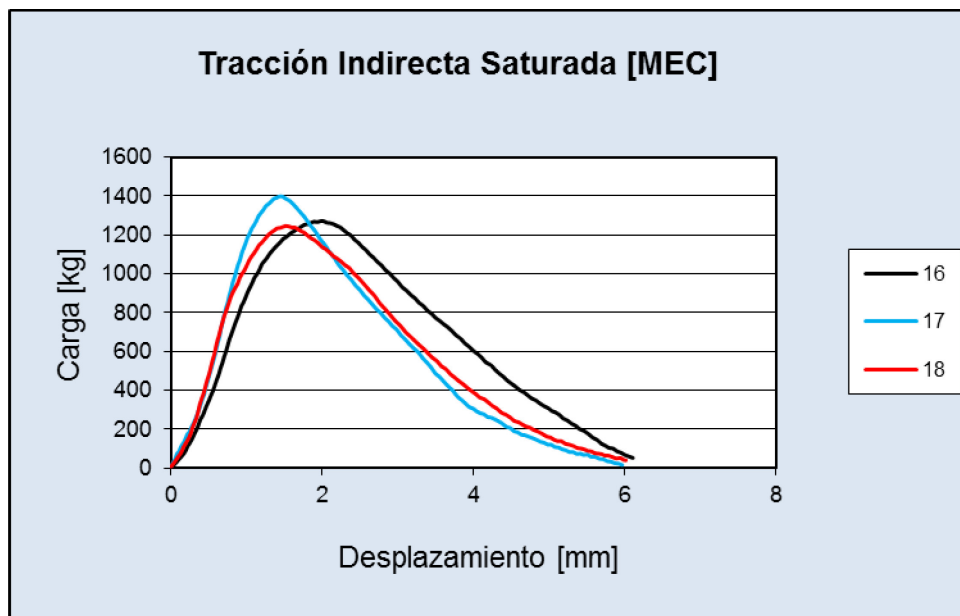
Ligante	ENSAYO DE TRACCION INDIRECTA [MEC]											
	Nº	Peso seco [g]	Peso sum [g]	Peso sss [g]	D aparente [g/cm <sup>3</sup> ]	D Ap Media Subgrupo [g/cm <sup>3</sup> ]	D Ap Media Grupo [g/cm <sup>3</sup> ]	Temperatura [°C]	Carga [kg]	Resistencia [MPa]	Resist Media [MPa]	Resist Conservada [%]
4% Residual	1	1092,9	619,2	1114,2	2,208	2,215	2,216	5 °C	1230	1,22	1,253	99,91
	2	1111,1	628,7	1129,6	2,218				1360	1,31		
	3	1115,1	631,2	1135,2	2,213				1265	1,22		
	4	1106,3	628,4	1126,2	2,222	2,214	2,216	5 °C Saturadas	1300	1,29	1,251	
	5	1112,9	632,1	1134,3	2,216				1220	1,20		
	6	1107,7	632	1134,4	2,205				1290	1,26		
	7	1103,1	625,4	1122,8	2,218	2,216	2,216	25 °C	324	0,32	0,306	
	8	1114,2	635,8	1139,3	2,213				268	0,27		
	9	1111,8	633,7	1135	2,218				334	0,33		
	10	1108,6	632,6	1132,2	2,219	2,216	2,216	45 °C	67	0,07	0,063	
	11	1111,3	634,6	1137,7	2,209				59	0,06		
	12	1112,1	636,6	1137,4	2,221				68	0,07		
5% Residual	13	1101,4	626,2	1118,8	2,236	2,241	2,238	5 °C	1520	1,54	1,569	84,99
	14	1105	627,2	1120,4	2,240				1593	1,61		
	15	1101,5	625,7	1117,2	2,241				1515	1,56		
	16	1095,4	622,7	1114,4	2,228	2,243	2,238	5 °C Saturadas	1290	1,31	1,333	
	17	1103,1	627	1116,2	2,255				1398	1,41		
	18	1104	626	1117,4	2,247				1246	1,28		
	19	1094,2	624,7	1119,8	2,210	2,235	2,238	25 °C	377	0,38	0,390	
	20	1103,5	628,7	1123	2,232				407	0,41		
	21	1096,7	626,3	1116,3	2,238				368	0,38		
	22	1097,7	628,7	1121,6	2,227	2,231	2,238	45 °C	62,5	0,07	0,066	
	23	1113,7	631,3	1136,4	2,205				63,8	0,07		
	24	1110	633,7	1130,3	2,235				65,5	0,07		
6% Residual	25	1083,5	615,2	1090,4	2,280	2,289	2,285	5 °C	1854	1,97	1,821	99,89
	26	1077,3	612,2	1083,3	2,287				1703	1,84		
	27	1105,1	629,9	1110,4	2,300				1578	1,65		
	28	1097,3	622,2	1105,6	2,270	2,297	2,285	5 °C Saturadas	1789	1,87	1,819	
	29	1085,3	627,5	1091,5	2,339				1739	1,85		
	30	1091,3	619,8	1098,2	2,281				1662	1,74		
	31	1101,7	624,7	1107,3	2,283	2,276	2,285	25 °C	386	0,41	0,390	
	32	1090,3	617,1	1096,9	2,272				340	0,36		
	33	1097,3	621,4	1104,4	2,272				386	0,40		
	34	1097	618,2	1100	2,277	2,277	2,285	45 °C	96,5	0,10	0,097	
	35	1099,2	622,8	1106,3	2,273				90,6	0,09		
	36	1103,8	627	1111	2,281				90,3	0,09		

Ligante	ENSAYO DE TRACCION INDIRECTA [MEM]											
	Nº	Peso seco	Peso sum	Peso sss	D aparente	D Ap Media Subgrupo	D Ap Media Grupo	Temperatura	Carga	Resistencia	Resist. Media	Resist. Conservada
		[g]	[g]	[g]	[g/cm <sup>3</sup> ]	[g/cm <sup>3</sup> ]	[g/cm <sup>3</sup> ]	[° C]	[kg]	[MPa]	[MPa]	[%]
4 % Residual	1	1110	641,2	1145,3	2,202	2,210	2,204	5 °C	1124	1,14	1,169	96,13
	2	1111,3	640	1140,8	2,219				1344	1,34		
	3	1110,8	630,6	1137,7	2,190				1034	1,03		
	4	1112,1	636,6	1144	2,192	2,194		5 °C Saturadas	1044	1,04	1,124	
	5	1115,4	636,9	1145,8	2,192				1163	1,14		
	6	1112,1	637,4	1143,3	2,198				1195	1,19		
	7	1112	637	1138,5	2,217	2,215		25 °C	372	0,38	0,382	
	8	1115,7	637,1	1142,3	2,208				375	0,37		
	9	1112,3	640,7	1142,2	2,218				398	0,40		
	10	1114,5	640,5	1148	2,196	2,196		45 °C	48	0,05	0,052	
	11	1114,7	640,4	1148,3	2,195				59,5	0,06		
	12	1116,1	641,5	1149,8	2,196				51	0,05		
5 % Residual	13	1107,7	630,7	1124,6	2,243	2,260	2,258	5 °C	1760	1,78	1,779	88,79
	14	1113,3	632,9	1125,9	2,258				1749	1,80		
	15	1107	630,5	1120	2,261				1678	1,75		
	16	1110	632,3	1121,6	2,269	2,260		5 °C Saturadas	1434	1,48	1,579	
	17	1111,8	634,5	1127,2	2,257				1551	1,60		
	18	1110,7	631,3	1124	2,254				1620	1,67		
	19	1109,2	627,9	1120,2	2,253	2,258		25 °C	589	0,60	0,587	
	20	1110,9	629	1120,1	2,262				554	0,57		
	21	1111,2	630,8	1122,9	2,258				589	0,60		
	22	1108	629,4	1120,5	2,256	2,253		45 °C	93	0,10	0,096	
	23	1106,2	627,5	1118,9	2,251				87	0,09		
	24	1108,1	630	1122,1	2,252				99	0,10		
6 % Residual	25	1099,3	625,3	1105,3	2,290	2,300	2,300	5 °C	1802,2	1,88	1,838	99,38
	26	1118,5	637,6	1121,7	2,310				1764	1,81		
	27	1109,4	631,9	1114,1	2,301				1705	1,81		
	28	1106,6	632,5	1111,3	2,311	2,308		5 °C Saturadas	1752	1,83	1,826	
	29	1112,6	633,5	1117,4	2,299				1861,5	1,91		
	30	1105,5	632,4	1110,4	2,313				1655,5	1,73		
	31	1089,5	622,1	1095,9	2,299	2,296		25 °C	407	0,44	0,380	
	32	1097,6	625,5	1105,6	2,286				322	0,34		
	33	1104,4	630,6	1110,5	2,301				346	0,36		
	34	1104,8	630,8	1110,7	2,302	2,296		45 °C	97	0,10	0,096	
	35	1100,4	627,4	1107,5	2,292				87	0,09		
	36	1106,7	630,8	1113,2	2,294				89	0,09		

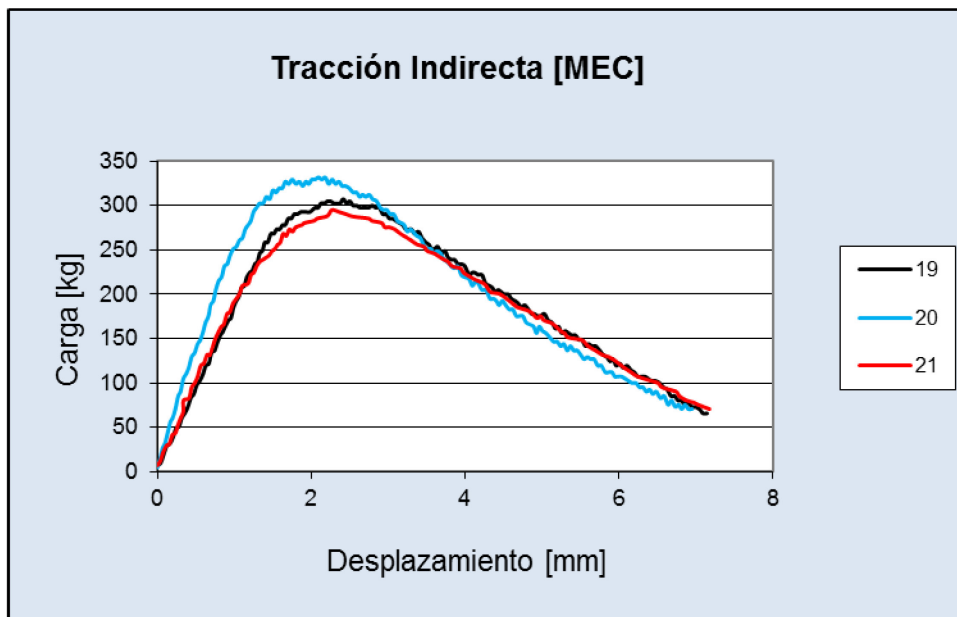
**GRAFICOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA**



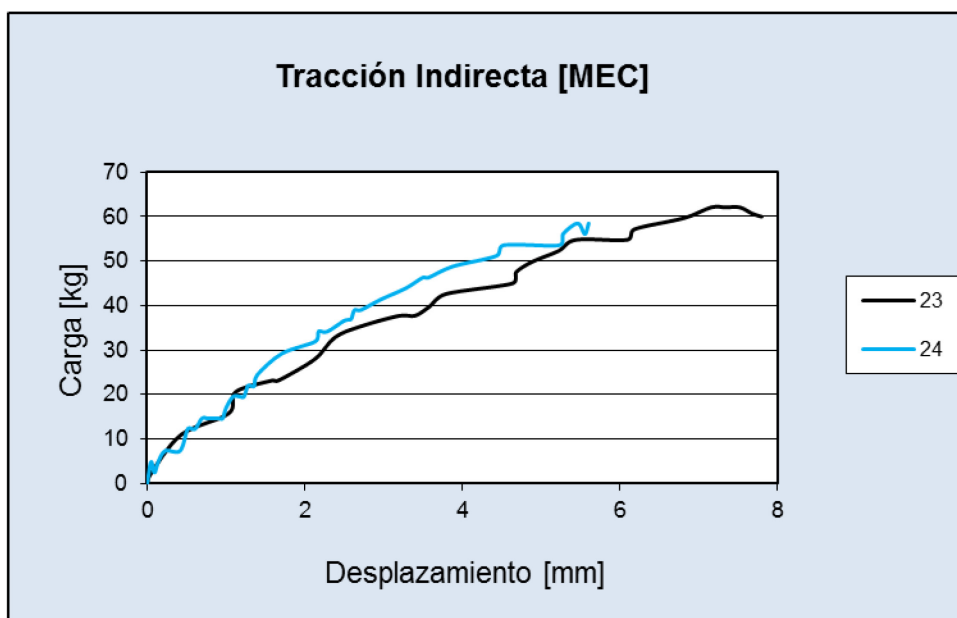
RTI Seca de las probetas 13 y 15 elaboradas con emulsión convencional con 5% de asfalto a una temperatura de ensayo de 5 °C



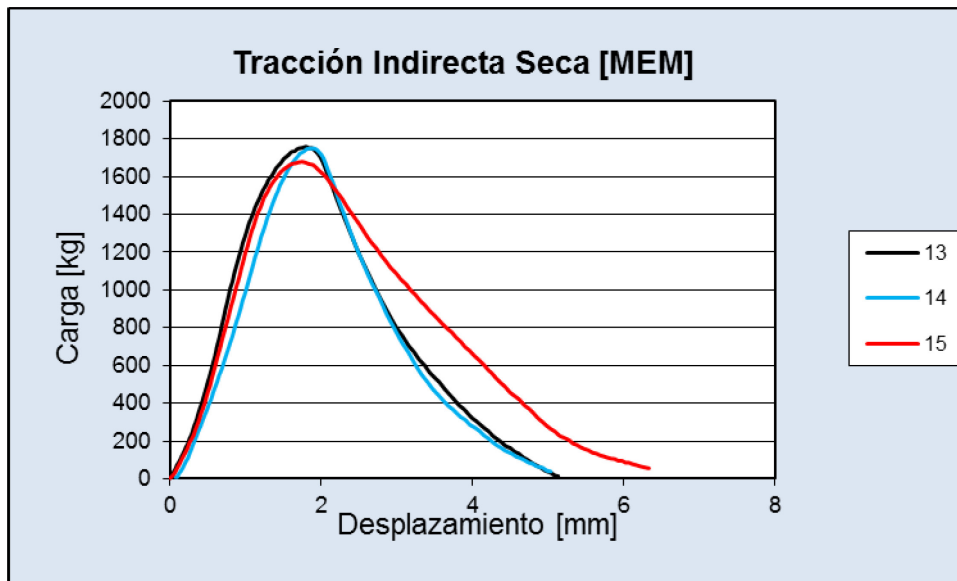
RTI Saturada de las probetas 16, 17 y 18 elaboradas con emulsión convencional con 5% de asfalto a una temperatura de ensayo de 5 °C



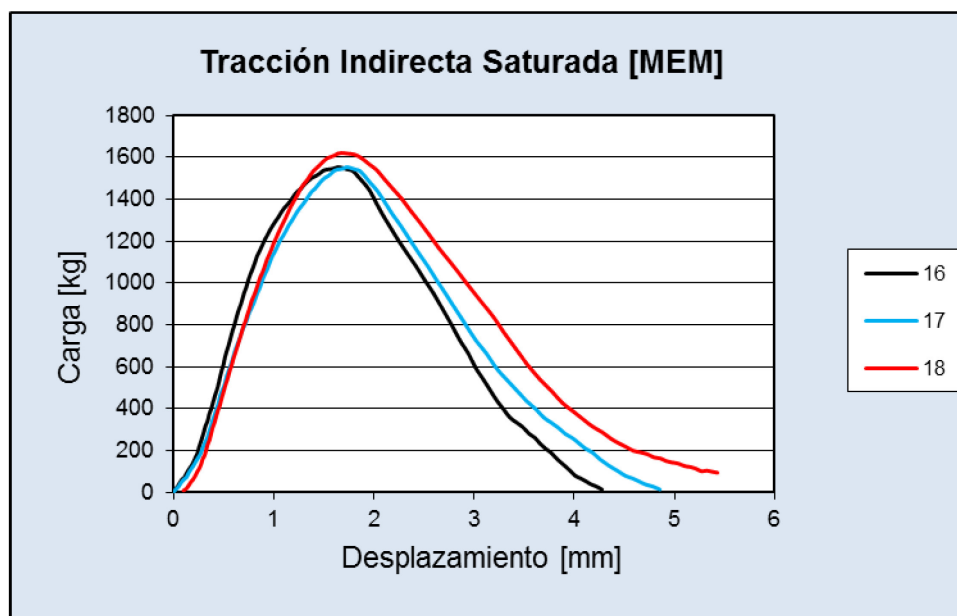
RTI Seca de las probetas 19, 20 y 21 elaboradas con emulsión convencional con 5% de asfalto a una temperatura de ensayo de 25 °C



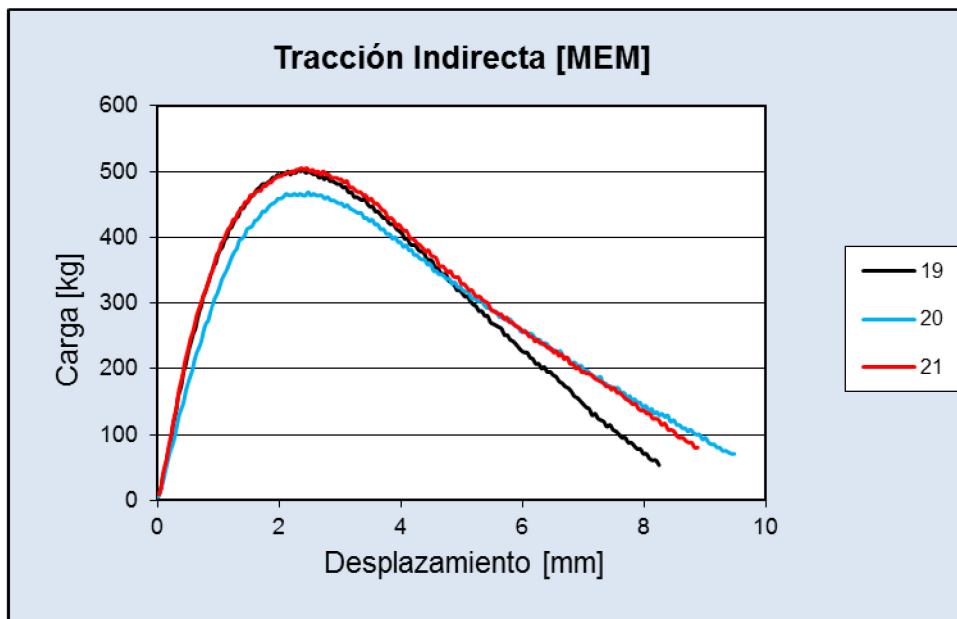
RTI Seca de las probetas 23 y 24 elaboradas con emulsión convencional con 5% de asfalto a una temperatura de ensayo de 45 °C



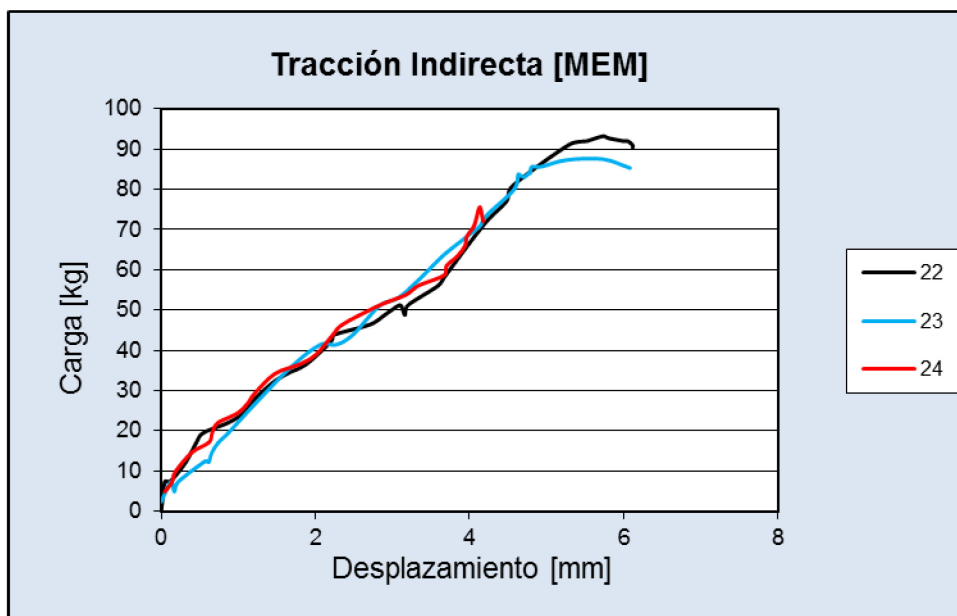
RTI Seca de las probetas 13, 14 y 15 elaboradas con emulsión modificada con 5% de asfalto a una temperatura de ensayo de 5 °C



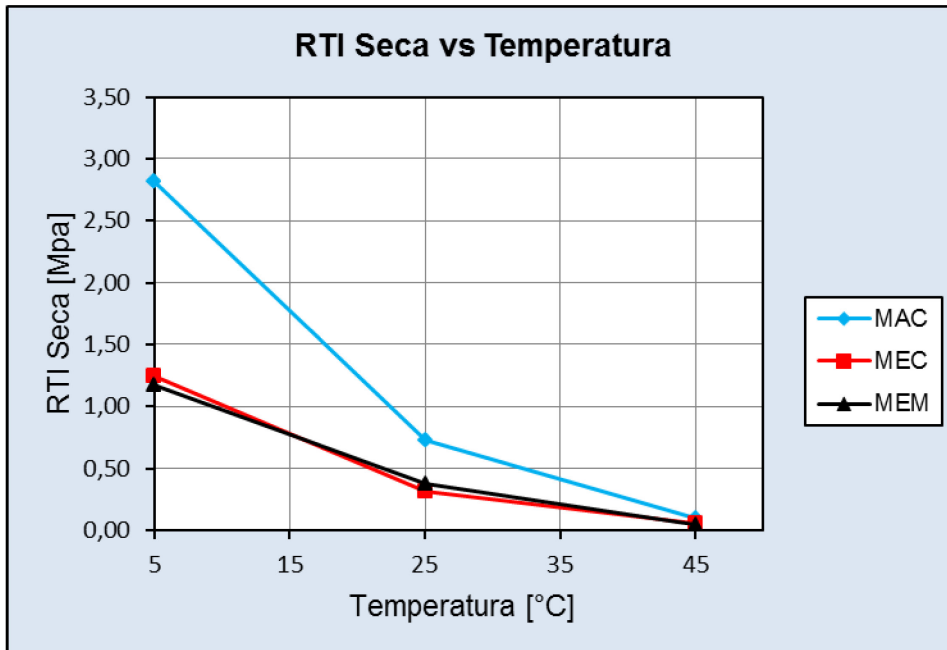
RTI Saturada de las probetas 16, 17 y 18 elaboradas con emulsión modificada con 5% de asfalto a una temperatura de ensayo de 5 °C



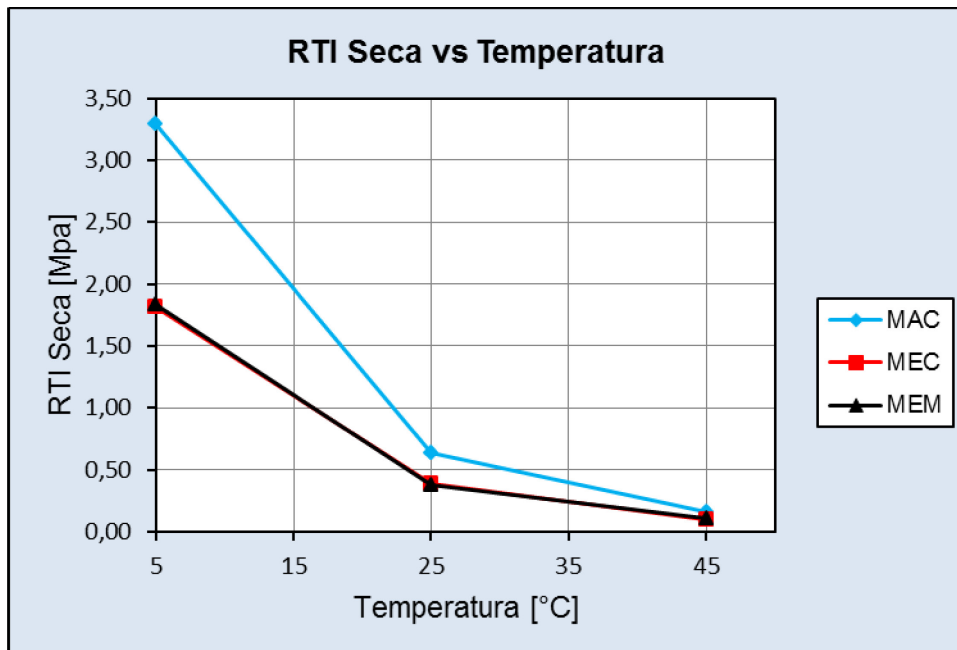
RTI Seca de las probetas 19, 20 y 21 elaboradas con emulsión modificada con 5% de asfalto a una temperatura de ensayo de 25 °C



RTI Seca de las probetas 22, 23 y 24 elaboradas con emulsión modificada con 5% de asfalto a una temperatura de ensayo de 45 °C

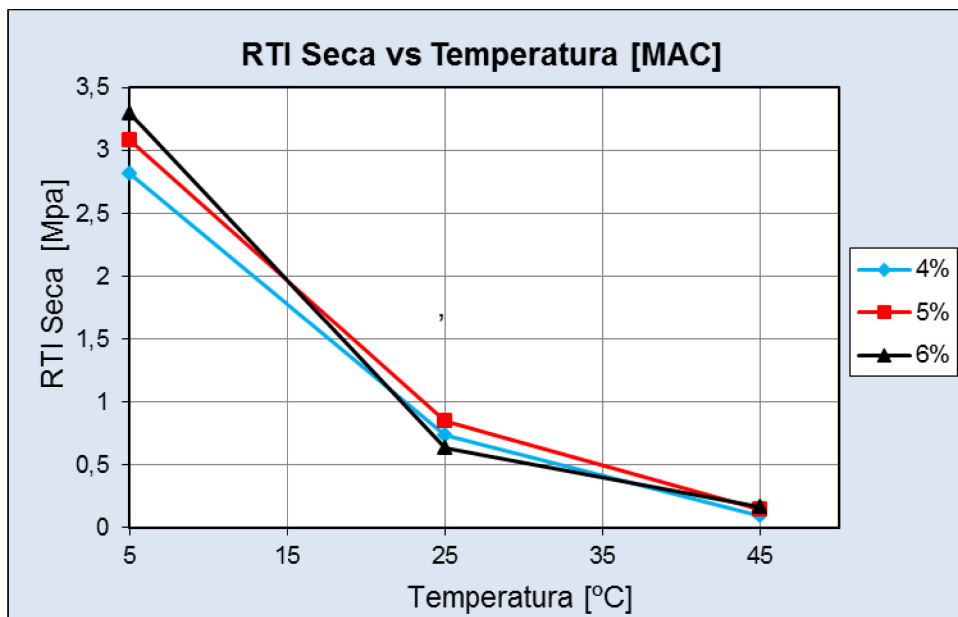


Variación de la RTI Seca con la Temperatura de Ensayo en las tres mezclas para un contenido de asfalto del 4%

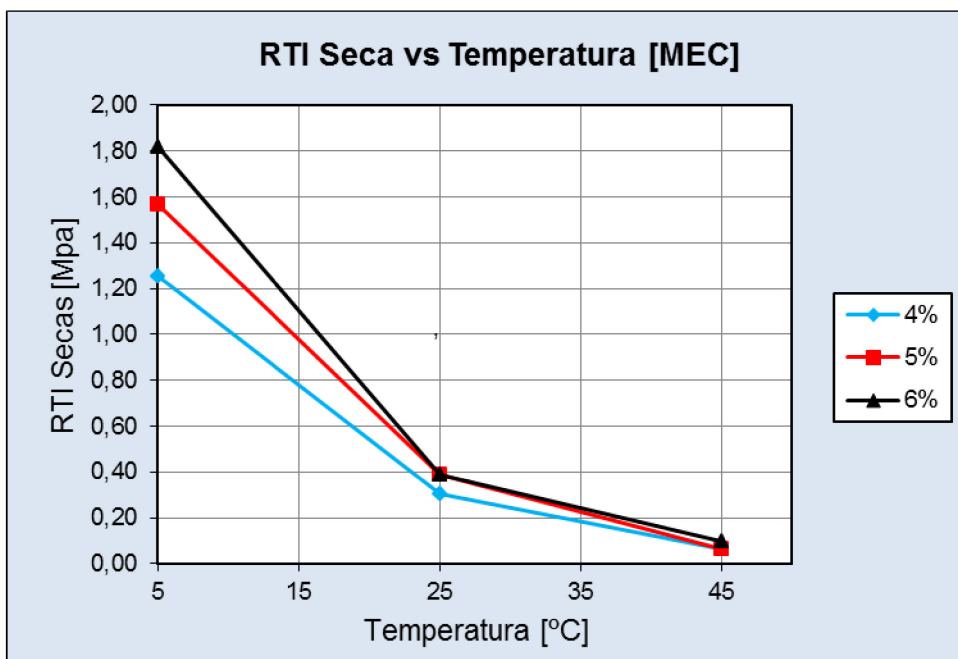


Variación de la RTI Seca con la Temperatura de Ensayo en las tres mezclas para un contenido de asfalto del 6%

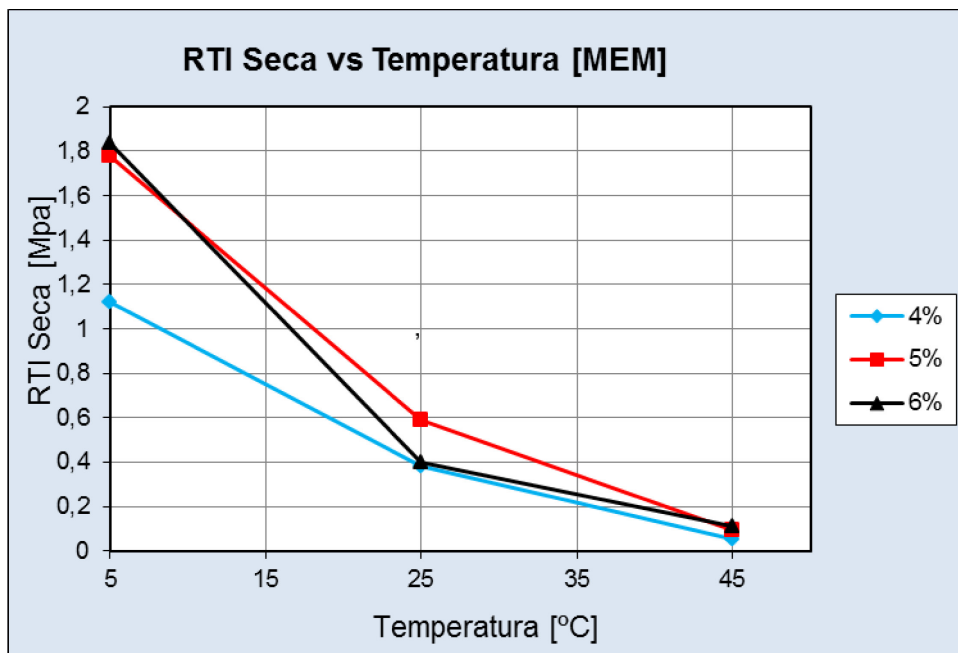




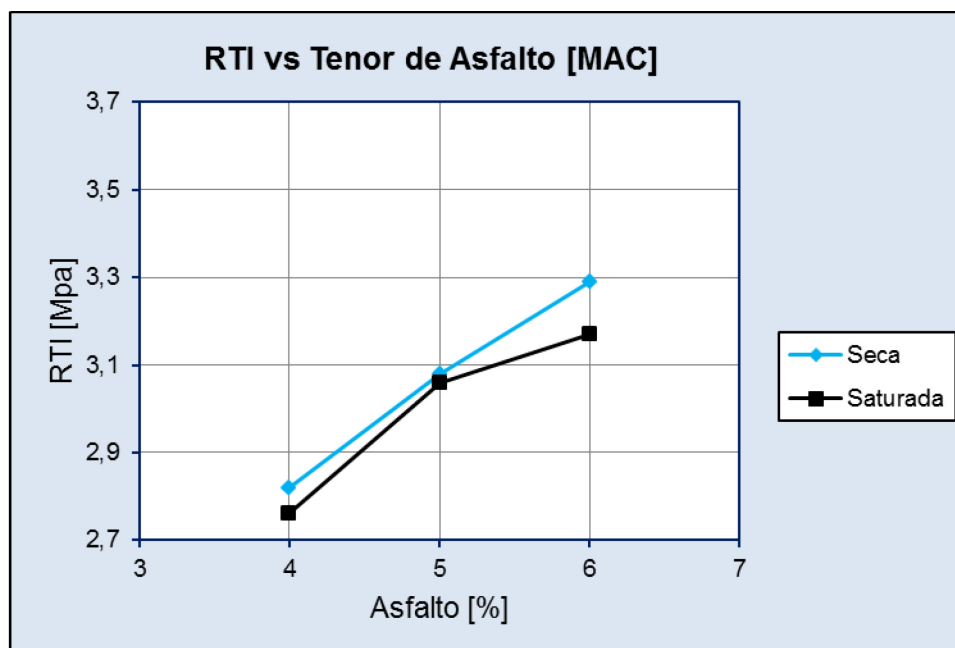
Variación de la RTI Seca con la Temperatura de Ensayo en la mezcla elaborada con asfalto convencional para los tres dosajes de asfalto



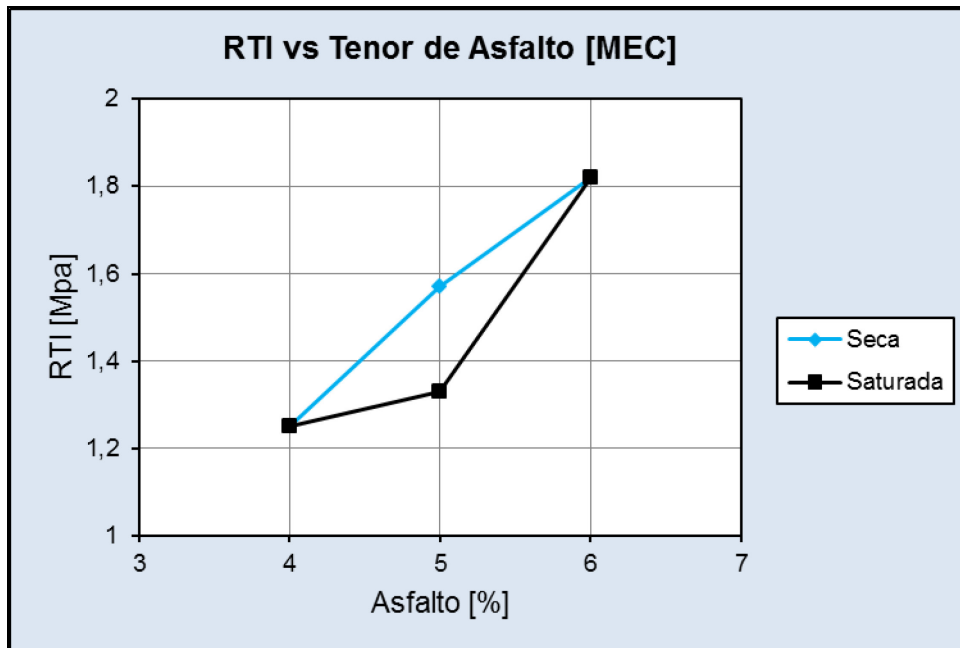
Variación de la RTI Seca con la Temperatura de Ensayo en la mezcla elaborada con emulsión convencional para los tres dosajes de asfalto



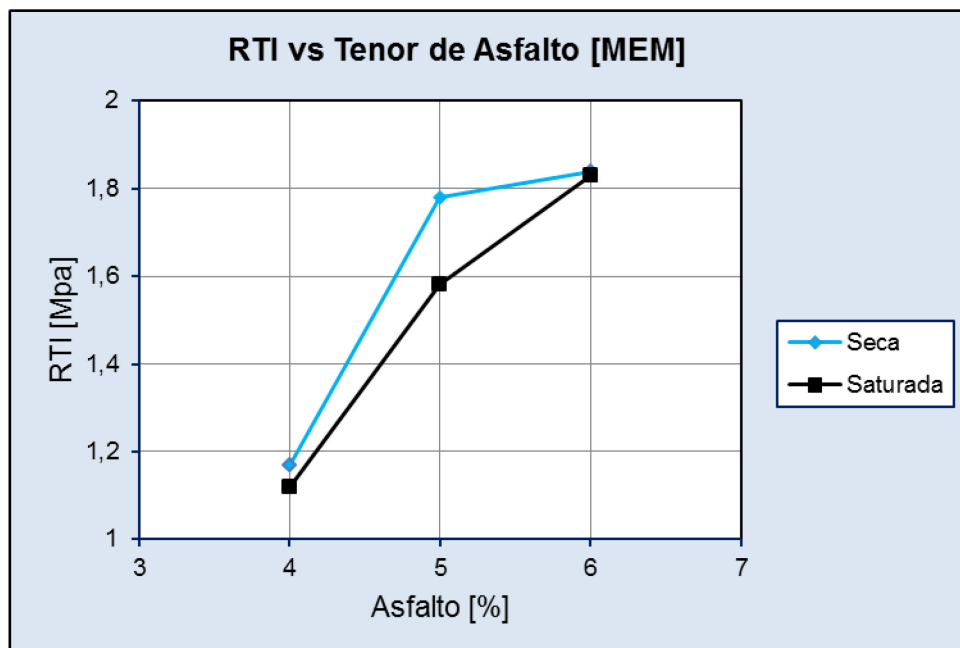
Variación de la RTI Seca con la Temperatura de Ensayo en la mezcla elaborada con emulsión modificada para los tres dosajes de asfalto



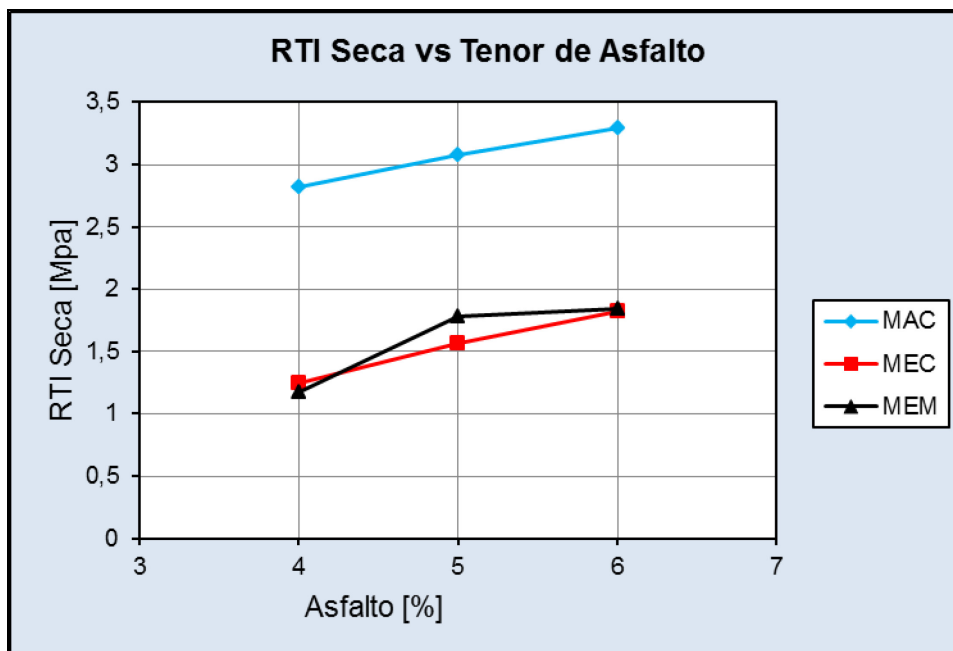
Variación de la RTI Seca y Saturada a 5 °C con el contenido de asfalto en la mezcla elaborada con asfalto convencional



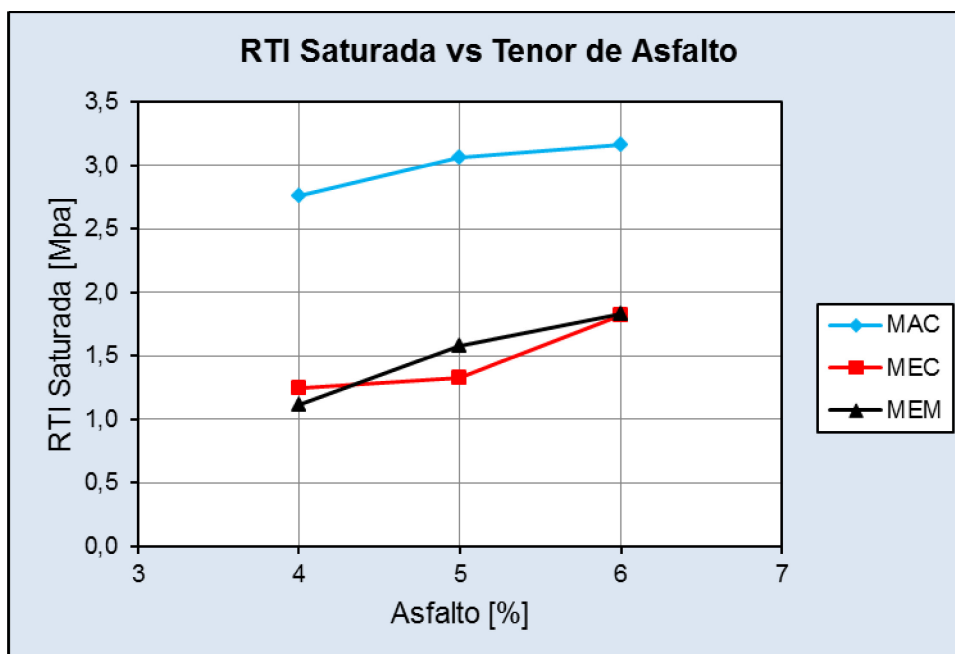
Variación de la RTI Seca y Saturada a 5 °C con el contenido de asfalto en la mezcla elaborada con emulsión convencional



Variación de la RTI Seca y Saturada a 5 °C con el contenido de asfalto en la mezcla elaborada con emulsión modificada



Variación de la RTI Seca a 5°C con el contenido de asfalto residual en las tres mezclas



Variación de la RTI Saturada a 5°C con el contenido de asfalto residual en las tres mezclas

## A.5 - ENSAYO DE MÓDULO DE RIGIDEZ

## PROBETAS PARA ENSAYO DE MÓDULO

## MAC

DENSIDAD APARENTE									
ASFALTO	4%			5%			6%		
Número de probeta	4-1	4-2	4-3	5-1	5-2	5-3	6-1	6-2	6-3
Peso en el Aire	1213,5	1216,0	1222,5	1225,8	1213,9	1208,3	1230,2	1216,7	1227,8
Peso sumergido	713,4	703,3	715,9	708,5	701,9	697,8	718,5	711,0	717,6
peso sss	1236,3	1225,2	1240,4	1227,1	1215,5	1208,3	1230,6	1216,9	1228,0
Volumen	522,9	521,9	524,5	518,6	513,6	510,5	512,1	505,9	510,4
<b>Densidad Aparente</b>	<b>2,321</b>	<b>2,330</b>	<b>2,331</b>	<b>2,364</b>	<b>2,364</b>	<b>2,367</b>	<b>2,402</b>	<b>2,405</b>	<b>2,406</b>
<b>DENSIDAD MEDIA</b>	<b>2,327</b>			<b>2,365</b>			<b>2,404</b>		

## MEC

DENSIDAD APARENTE									
ASFALTO	4%			5%			6%		
Número de probeta	4-1	4-2	4-3	5-1	5-2	5-3	6-1	6-2	6-3
Peso en el Aire	1099,1	1118,7	1109,7	1109,7	1106,9	1110,2	1098,7	1106,3	1096,6
Peso sumergido	619,6	633,1	630,4	627,6	621,6	626,7	617,8	619,0	617,1
peso sss	1121,4	1138,7	1131,8	1129,5	1121,8	1128,4	1109,4	1118,9	1110,5
Volumen	501,8	505,6	501,4	501,9	500,2	501,7	491,6	499,9	493,4
<b>Densidad Aparente</b>	<b>2,190</b>	<b>2,213</b>	<b>2,213</b>	<b>2,211</b>	<b>2,213</b>	<b>2,213</b>	<b>2,235</b>	<b>2,213</b>	<b>2,223</b>
<b>DENSIDAD MEDIA</b>	<b>2,205</b>			<b>2,212</b>			<b>2,224</b>		

## MEM

DENSIDAD APARENTE									
ASFALTO	4%			5%			6%		
Número de probeta	4-1	4-2	4-3	5-1	5-2	5-3	6-1	6-2	6-3
Peso en el Aire	1110,8	1118,5	1118,7	1115,1	1111,1	1116,8	1110,7	1109,2	1106,8
Peso sumergido	637,9	639,6	638,0	641,3	634,6	638,9	635,5	635,5	632,2
peso sss	1132,9	1138,5	1140,2	1133,9	1125,7	1131,0	1120,7	1114,6	1113,4
Volumen	495,0	498,9	502,2	492,6	491,1	492,1	485,2	479,1	481,2
<b>Densidad Aparente</b>	<b>2,244</b>	<b>2,242</b>	<b>2,228</b>	<b>2,264</b>	<b>2,262</b>	<b>2,269</b>	<b>2,289</b>	<b>2,315</b>	<b>2,300</b>
<b>DENSIDAD MEDIA</b>	<b>2,238</b>			<b>2,265</b>			<b>2,301</b>		

ENSAYO MODULO DE RIGIDEZ [MAC]							
CA [%]	T [°C]	N° Probeta	N° Ensayo	D Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Frecuencia (Hz)	Módulo (MPa)	Módulo Promedio (MPa)
4	5°C	4-1	1	2,321	033	17.063	16.905
		4-1	2	2,321	033 (90°)	16.746	
		4-2	3	2,330	05	24.044	22.302
		4-2	4	2,330	05 (90°)	20.559	
		4-3	5	2,331	1	29.120	28.959
		4-3	6	2,331	1 (90°)	28.797	
	25°C	4-1	7	2,321	033	3.626	3.448
		4-1	8	2,321	033 (90°)	3.270	
		4-2	9	2,330	05	4.768	4.459
		4-2	10	2,330	05 (90°)	4.150	
		4-3	11	2,331	1	5.479	5.250
		4-3	12	2,331	1 (90°)	5.021	
	45°C	4-1	13	2,321	033	511	482
		4-1	14	2,321	033 (90°)	453	
		4-2	15	2,330	05	577	554
		4-2	16	2,330	05 (90°)	531	
		4-3	17	2,331	1	719	696
		4-3	18	2,331	1 (90°)	673	
5	5°C	5-1	19	2,364	033	13.876	13.490
		5-1	20	2,364	033 (90°)	13.104	
		5-2	21	2,364	05	17.994	17.550
		5-2	22	2,364	05 (90°)	17.106	
		5-3	23	2,367	1	21.171	20.548
		5-3	24	2,367	1 (90°)	19.925	
	25°C	5-1	25	2,364	033	3.136	3.222
		5-1	26	2,364	033 (90°)	3.308	
		5-2	27	2,364	05	4.111	3.928
		5-2	28	2,364	05 (90°)	3.745	
		5-3	29	2,367	1	4.729	4.511
		5-3	30	2,367	1 (90°)	4.293	
	45°C	5-1	31	2,364	033	460	433
		5-1	32	2,364	033 (90°)	406	
		5-2	33	2,364	05	489	461
		5-2	34	2,364	05 (90°)	433	
		5-3	35	2,367	1	544	521
		5-3	36	2,367	1 (90°)	498	
6	5°C	6-1	37	2,402	033	9.055	9.082
		6-1	38	2,402	033 (90°)	9.109	
		6-2	39	2,405	05	13.069	12.473
		6-2	40	2,405	05 (90°)	11.877	
		6-3	41	2,406	1	17.571	17.283
		6-3	42	2,406	1 (90°)	16.995	
	25°C	6-1	43	2,402	033	1.688	1.639
		6-1	44	2,402	033 (90°)	1.590	
		6-2	45	2,405	05	2.634	2.585
		6-2	46	2,405	05 (90°)	2.536	
		6-3	47	2,406	1	3.418	3.277
		6-3	48	2,406	1 (90°)	3.136	
	45°C	6-1	49	2,402	033	248	230
		6-1	50	2,402	033 (90°)	212	
		6-2	51	2,405	05	253	235
		6-2	52	2,405	05 (90°)	217	
		6-3	53	2,406	1	271	251
		6-3	54	2,406	1 (90°)	231	

ENSAYO MODULO DE RIGIDEZ [MEC]							
CA [%]	T [°C]	N° Probeta	N° Ensayo	D Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Frecuencia (Hz)	Módulo (MPa)	Módulo Promedio (MPa)
4	5°C	4-1	1	2,190	033	9.832	9.392
		4-1	2	2,190	033 (90°)	8.952	
		4-2	3	2,213	05	10.539	10.718
		4-2	4	2,213	05 (90°)	10.897	
		4-3	5	2,213	1	11.668	11.342
		4-3	6	2,213	1 (90°)	11.016	
	25°C	4-1	7	2,190	033	2.297	2.218
		4-1	8	2,190	033 (90°)	2.139	
		4-2	9	2,213	05	2.631	2.538
		4-2	10	2,213	05 (90°)	2.445	
		4-3	11	2,213	1	3.401	3.270
		4-3	12	2,213	1 (90°)	3.139	
	45°C	4-1	13	2,190	033	324	298
		4-1	14	2,190	033 (90°)	272	
		4-2	15	2,213	05	353	332
		4-2	16	2,213	05 (90°)	311	
		4-3	17	2,213	1	470	456
		4-3	18	2,213	1 (90°)	442	
5	5°C	5-1	19	2,211	033	9.020	8.517
		5-1	20	2,211	033 (90°)	8.014	
		5-2	21	2,213	05	9.908	9.825
		5-2	22	2,213	05 (90°)	9.742	
		5-3	23	2,213	1	10.653	10.330
		5-3	24	2,213	1 (90°)	10.007	
	25°C	5-1	25	2,211	033	2.149	2.076
		5-1	26	2,211	033 (90°)	2.003	
		5-2	27	2,213	05	2.669	2.494
		5-2	28	2,213	05 (90°)	2.319	
		5-3	29	2,213	1	2.843	2.901
		5-3	30	2,213	1 (90°)	2.959	
	45°C	5-1	31	2,211	033	287	266
		5-1	32	2,211	033 (90°)	245	
		5-2	33	2,213	05	287	298
		5-2	34	2,213	05 (90°)	309	
		5-3	35	2,213	1	351	335
		5-3	36	2,213	1 (90°)	319	
6	5°C	6-1	37	2,235	033	6.839	6.886
		6-1	38	2,235	033 (90°)	6.933	
		6-2	39	2,213	05	7.711	7.413
		6-2	40	2,213	05 (90°)	7.115	
		6-3	41	2,223	1	7.982	8.019
		6-3	42	2,223	1 (90°)	8.056	
	25°C	6-1	43	2,235	033	1.189	1.212
		6-1	44	2,235	033 (90°)	1.235	
		6-2	45	2,213	05	2.165	2.088
		6-2	46	2,213	05 (90°)	2.011	
		6-3	47	2,223	1	2.558	2.427
		6-3	48	2,223	1 (90°)	2.296	
	45°C	6-1	49	2,235	033	159	148
		6-1	50	2,235	033 (90°)	137	
		6-2	51	2,213	05	166	154
		6-2	52	2,213	05 (90°)	142	
		6-3	53	2,223	1	204	191
		6-3	54	2,223	1 (90°)	178	

ENSAYO MODULO DE RIGIDEZ [MEM]							
CA [%]	T [°]	N° Probeta	N° Ensayo	D Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Frecuencia (Hz)	Módulo (MPa)	Módulo Promedio (MPa)
4	5°C	4-1	1	2,244	033	10.656	10.535
		4-1	2	2,244	033 (90°)	10.413	
		4-2	3	2,242	05	11.988	11.605
		4-2	4	2,242	05 (90°)	11.222	
		4-3	5	2,228	1	11.995	11.857
		4-3	6	2,228	1 (90°)	11.718	
	25°C	4-1	7	2,244	033	2.334	2.266
		4-1	8	2,244	033 (90°)	2.198	
		4-2	9	2,242	05	2.635	2.697
		4-2	10	2,242	05 (90°)	2.759	
		4-3	11	2,228	1	3.643	3.385
		4-3	12	2,228	1 (90°)	3.127	
	45°C	4-1	13	2,244	033	328	310
		4-1	14	2,244	033 (90°)	292	
		4-2	15	2,242	05	393	366
		4-2	16	2,242	05 (90°)	339	
		4-3	17	2,228	1	518	489
		4-3	18	2,228	1 (90°)	460	
5	5°C	5-1	19	2,264	033	8.747	8.958
		5-1	20	2,264	033 (90°)	8.287	
		5-2	21	2,262	05	9.970	10.184
		5-2	22	2,262	05 (90°)	10.397	
		5-3	23	2,269	1	10.759	10.724
		5-3	24	2,269	1 (90°)	10.688	
	25°C	5-1	25	2,264	033	2.297	2.201
		5-1	26	2,264	033 (90°)	2.105	
		5-2	27	2,262	05	2.690	2.587
		5-2	28	2,262	05 (90°)	2.484	
		5-3	29	2,269	1	3.002	3.049
		5-3	30	2,269	1 (90°)	3.096	
	45°C	5-1	31	2,264	033	311	288
		5-1	32	2,264	033 (90°)	265	
		5-2	33	2,262	05	334	312
		5-2	34	2,262	05 (90°)	290	
		5-3	35	2,269	1	392	363
		5-3	36	2,269	1 (90°)	334	
6	5°C	6-1	37	2,289	033	7.167	7.021
		6-1	38	2,289	033 (90°)	6.875	
		6-2	39	2,315	05	7.891	7.944
		6-2	40	2,315	05 (90°)	7.997	
		6-3	41	2,300	1	9.450	8.846
		6-3	42	2,300	1 (90°)	8.242	
	25°C	6-1	43	2,289	033	1.391	1.304
		6-1	44	2,289	033 (90°)	1.217	
		6-2	45	2,315	05	2.223	2.175
		6-2	46	2,315	05 (90°)	2.127	
		6-3	47	2,300	1	2.599	2.582
		6-3	48	2,300	1 (90°)	2.565	
	45°C	6-1	49	2,289	033	175	162
		6-1	50	2,289	033 (90°)	149	
		6-2	51	2,315	05	200	183
		6-2	52	2,315	05 (90°)	166	
		6-3	53	2,300	1	249	236
		6-3	54	2,300	1 (90°)	223	

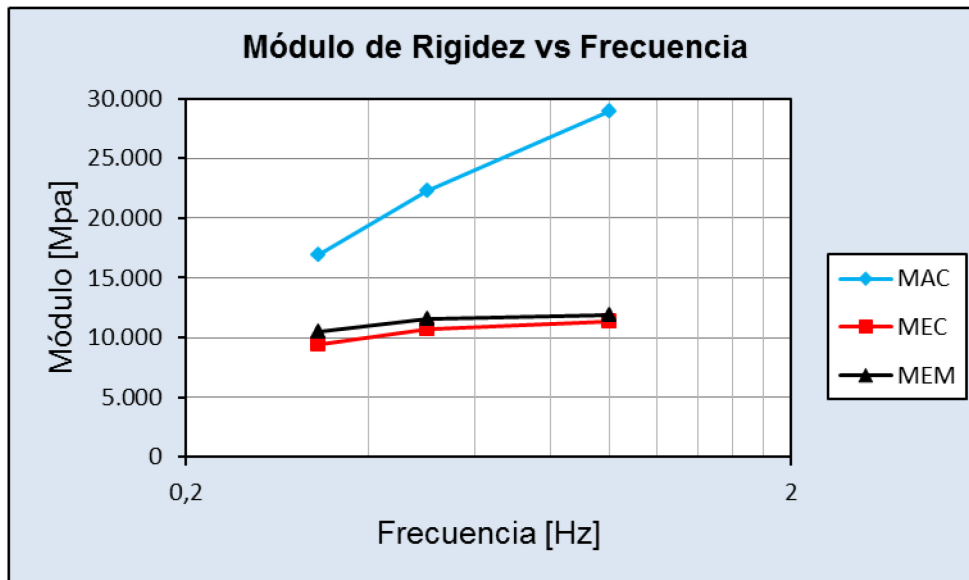


CALCULO DE LA CURVA MAESTRA [MAC 10 Hz]							
T [°C]	S [MPa]	Rise time	Fr [Hz]	Tr.10Hz [°C]	S [MPa]	Tr.1Hz [°C]	S [MPa]
5	13490	757	0,33	16,0	13490	8,5	13490
5	17550	500	0,5	14,6	17550	7,2	17550
5	21171	254	1,0	12,4	21171	5,0	21171
5	19925	254	1,0	12,4	19925	5,0	19925
25	3222	757	0,33	37,6	3222	29,0	3222
25	3928	500	0,5	36,0	3928	27,5	3928
25	4729	254	1,0	33,5	4729	25,1	4729
25	4293	254	1,0	33,5	4293	25,1	4293
45	433	757	0,33	59,4	433	49,5	433
45	461	500	0,5	57,6	461	47,8	461
45	544	254	1,0	54,7	544	45,1	544
45	498	254	1,0	54,7	498	45,1	498

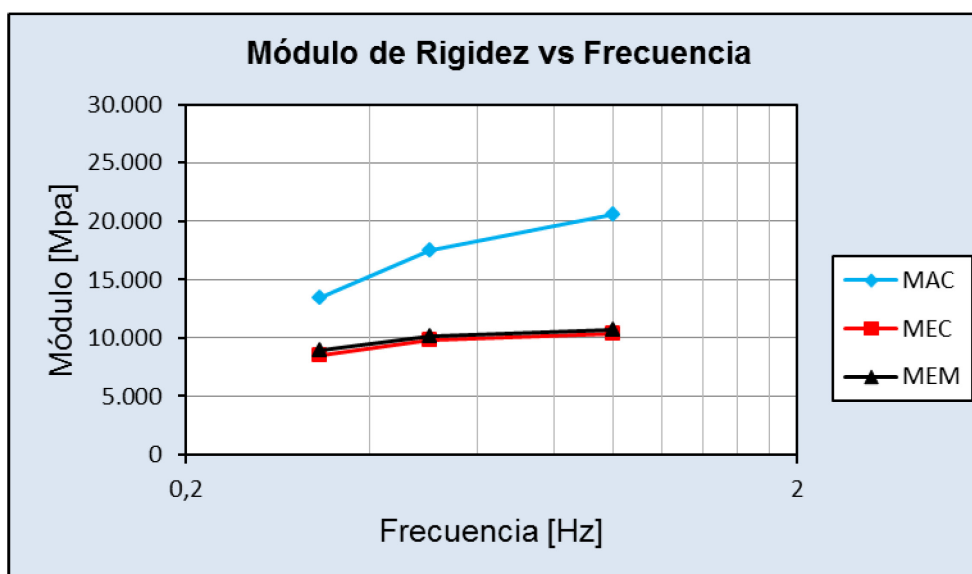
CALCULO DE LA CURVA MAESTRA [MEC 10 Hz]							
T [°C]	S [MPa]	Rise time	Fr [Hz]	Tr.10Hz [°C]	S [Mpa]	Tr.1Hz [°C]	S [Mpa]
5	8517	757	0,33	16,0	8517	8,5	8517
5	9825	500	0,5	14,6	9825	7,2	9825
5	10653	254	1,0	12,4	10653	5,0	10653
5	10007	254	1,0	12,4	10007	5,0	10007
25	2076	757	0,33	37,6	2076	29,0	2076
25	2494	500	0,5	36,0	2494	27,5	2494
25	2843	254	1,0	33,5	2843	25,1	2843
25	2959	254	1,0	33,5	2959	25,1	2959
45	266	757	0,33	59,4	266	49,5	266
45	298	500	0,5	57,6	298	47,8	298
45	351	254	1,0	54,7	351	45,1	351
45	319	254	1,0	54,7	319	45,1	319

CALCULO DE LA CURVA MAESTRA [MEM 10 Hz]							
T [°C]	S [MPa]	Rise time	Fr [Hz]	Tr.10Hz [°C]	S [Mpa]	Tr.1Hz [°C]	S [Mpa]
5	8958	757	0,33	16,0	8958	8,5	8958
5	10184	500	0,5	14,6	10184	7,2	10184
5	10759	254	1,0	12,4	10759	5,0	10759
5	10688	254	1,0	12,4	10688	5,0	10688
25	2201	757	0,33	37,6	2201	29,0	2201
25	2587	500	0,5	36,0	2587	27,5	2587
25	3002	254	1,0	33,5	3002	25,1	3002
25	3096	254	1,0	33,5	3096	25,1	3096
45	288	757	0,33	59,4	288	49,5	288
45	312	500	0,5	57,6	312	47,8	312
45	392	254	1,0	54,7	392	45,1	392
45	334	254	1,0	54,7	334	45,1	334

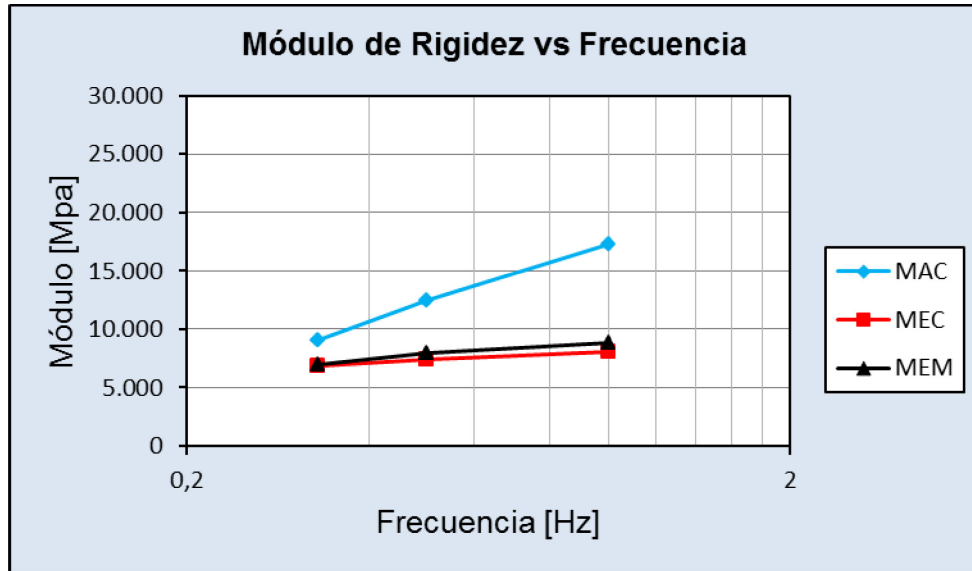
**GRÁFICOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE MÓDULO DE RIGIDEZ**



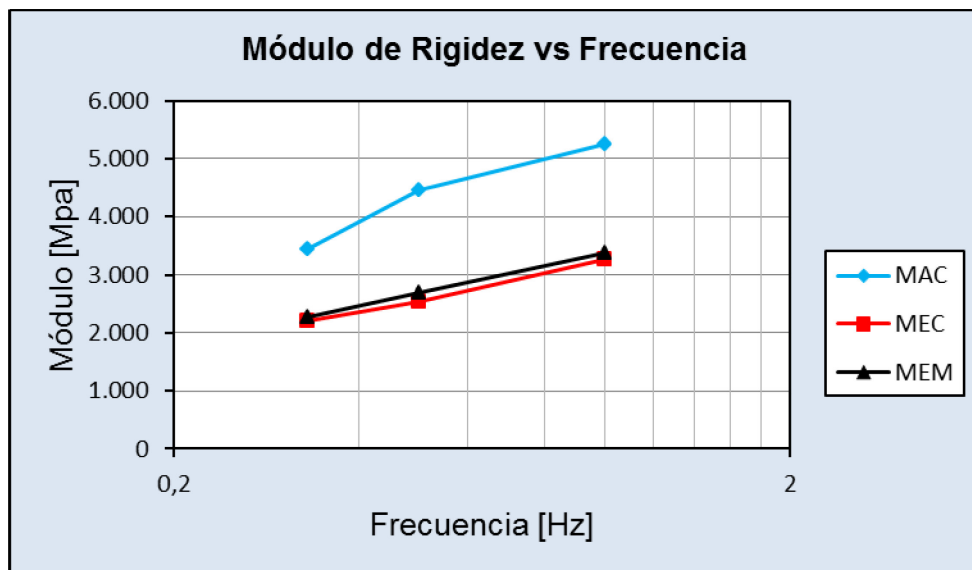
Variación del Módulo con la Frecuencia a 5 °C y con un contenido de 4% de asfalto en las tres mezclas



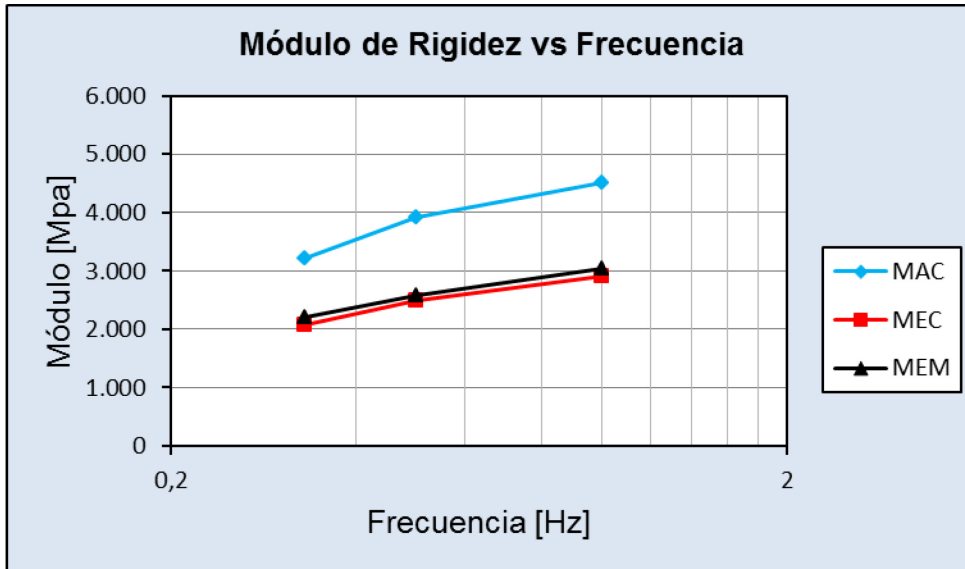
Variación del Módulo con la Frecuencia a 5 °C y con un contenido de 5% de asfalto en las tres mezclas



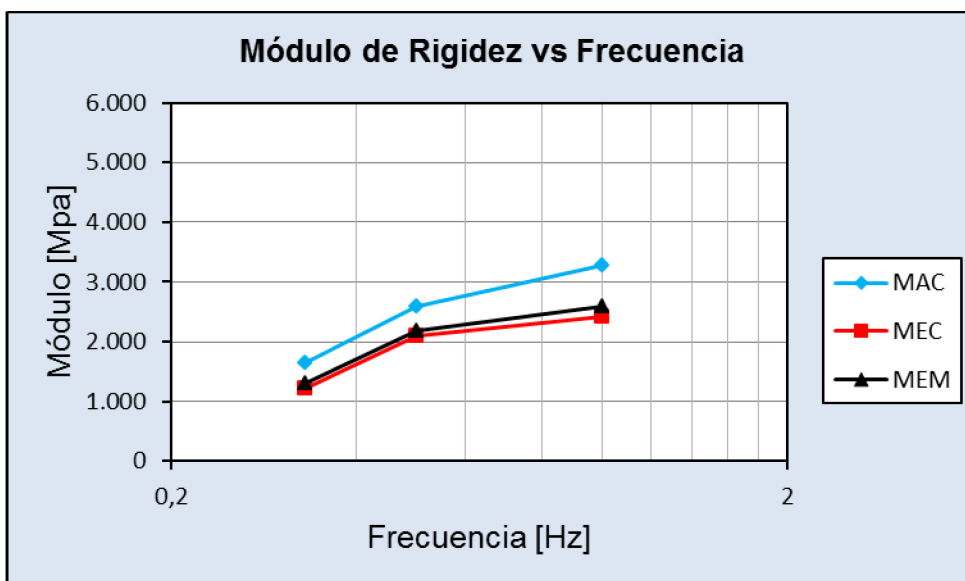
Variación del Módulo con la Frecuencia a 5 °C y con un contenido de 6% de asfalto en las tres mezclas



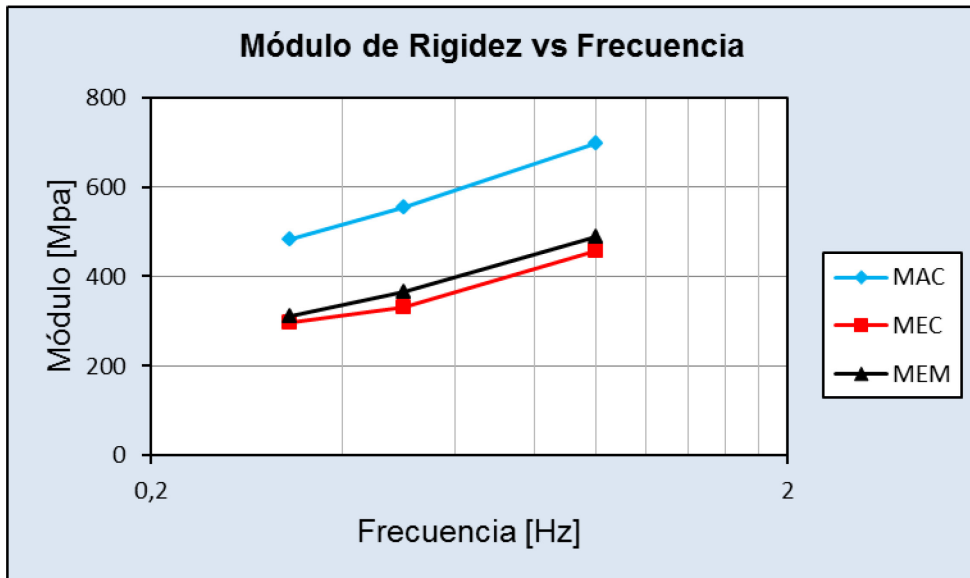
Variación del Módulo con la Frecuencia a 25 °C y con un contenido de 4% de asfalto en las tres mezclas



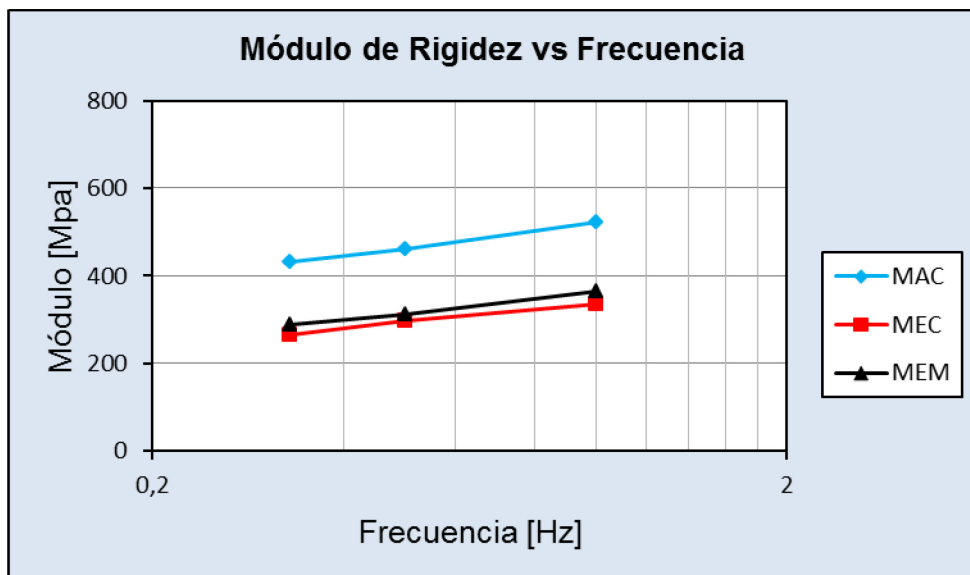
Variación del Módulo con la Frecuencia a 25 °C y con un contenido de 5% de asfalto en las tres mezclas



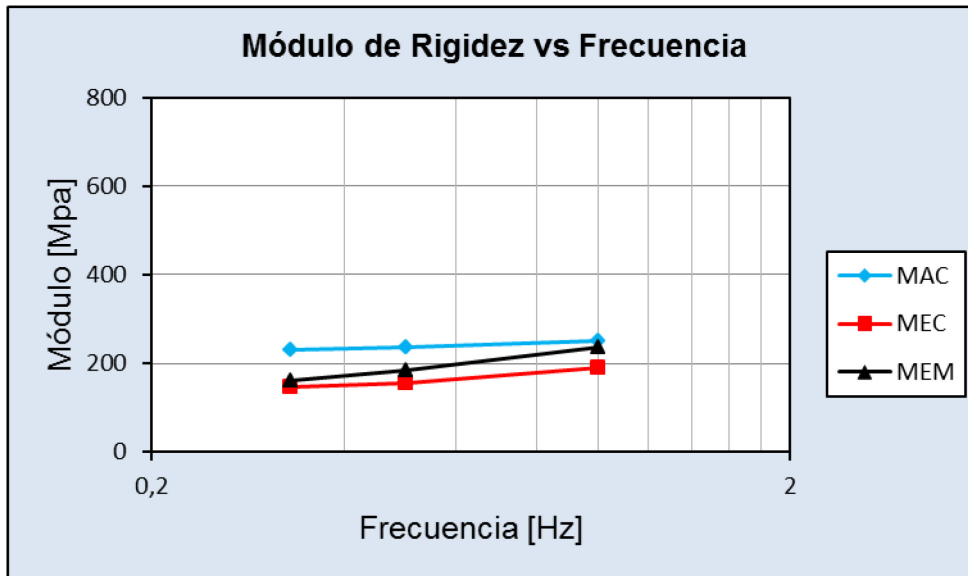
Variación del Módulo con la Frecuencia a 25 °C y con un contenido de 6% de asfalto en las tres mezclas



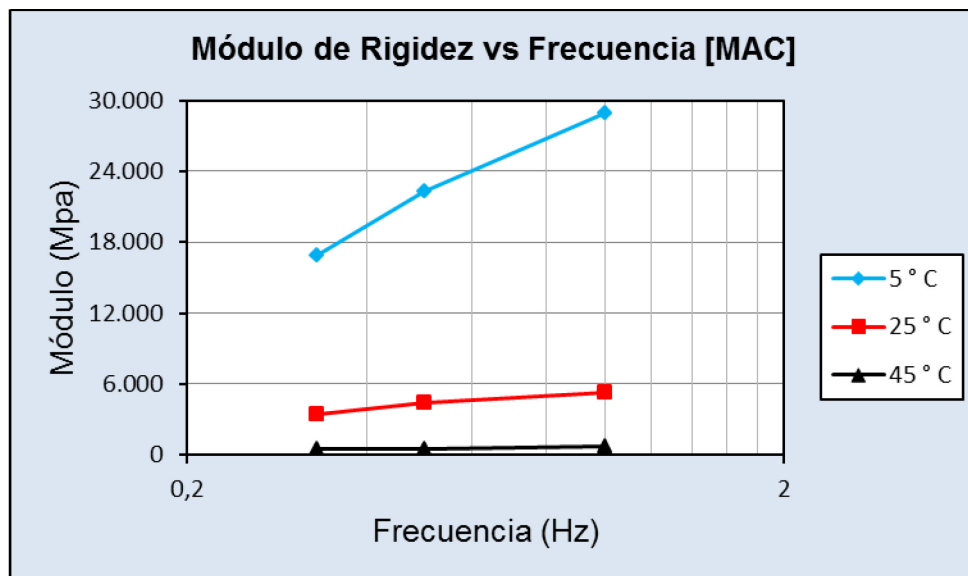
Variación del Módulo con la Frecuencia a 45 °C y con un contenido de 4% de asfalto en las tres mezclas



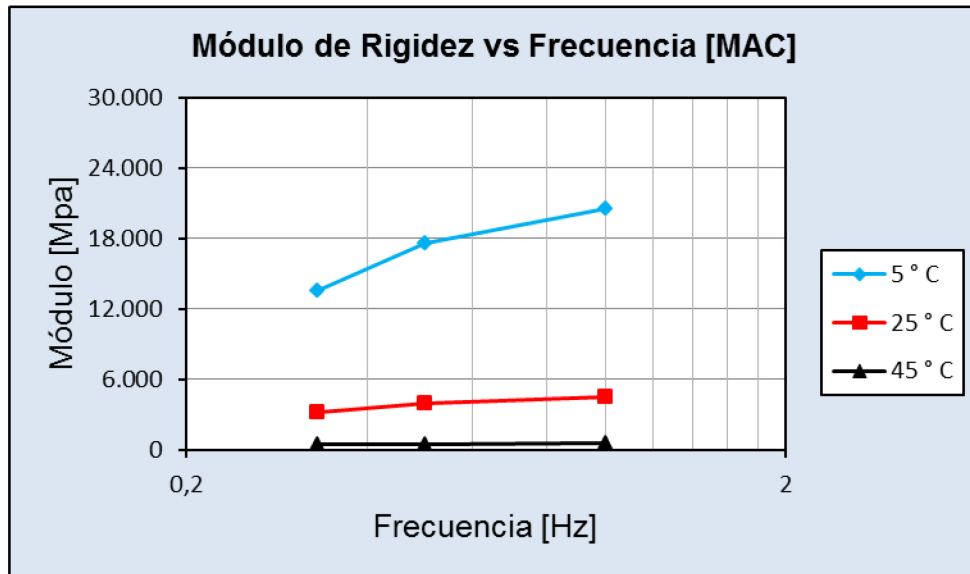
Variación del Módulo con la Frecuencia a 45 °C y con un contenido de 5% de asfalto en las tres mezclas



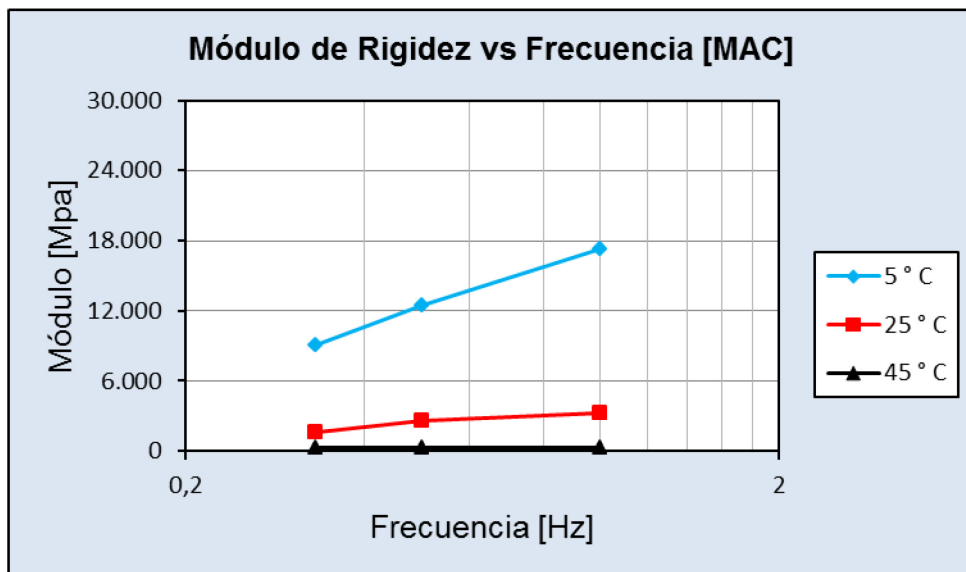
Variación del Módulo con la Frecuencia a 45 °C y con un contenido de 6% de asfalto en las tres mezclas



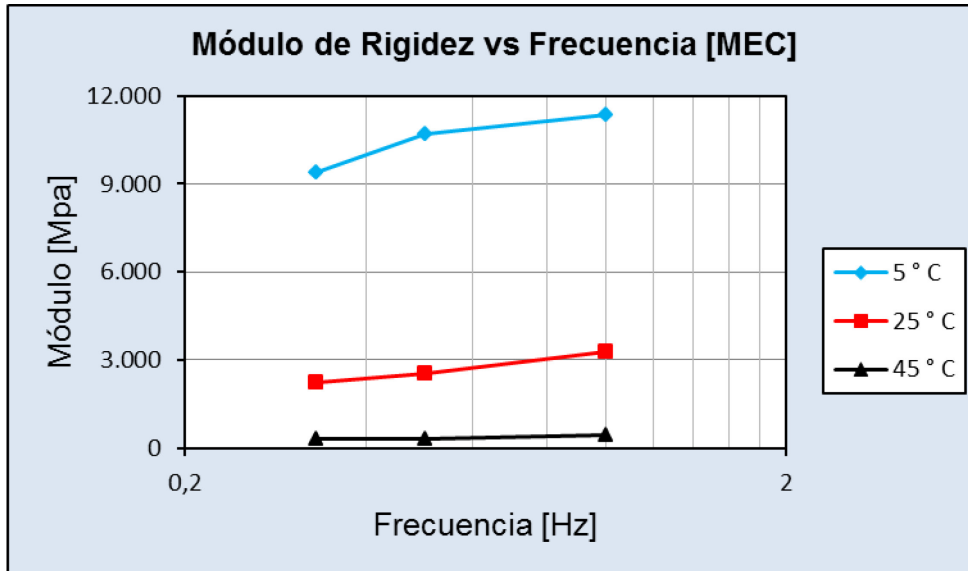
Variación del Módulo con la Frecuencia en la mezcla con asfalto convencional con un 4% de asfalto a distintas temperaturas



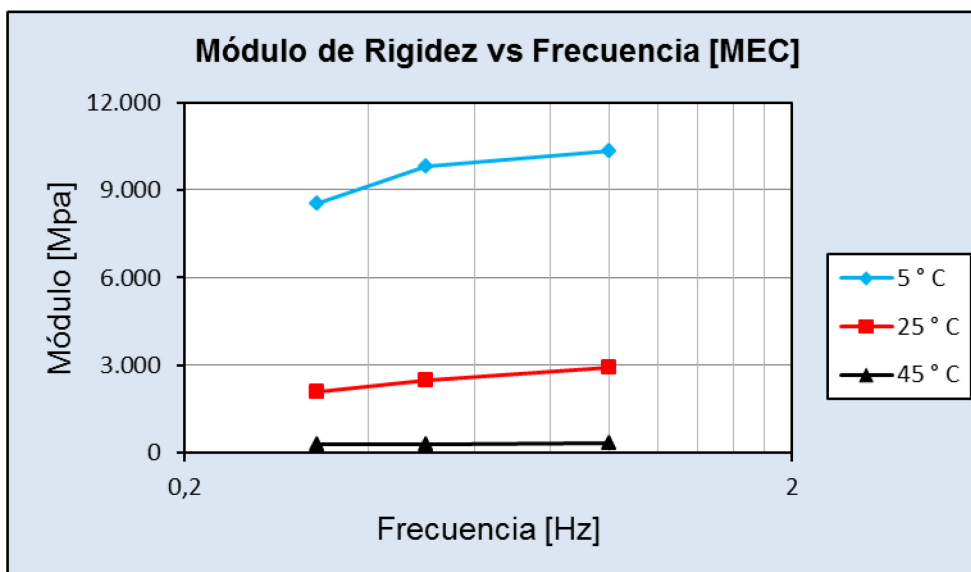
Variación del Módulo con la Frecuencia en la mezcla con asfalto convencional con un 5% de asfalto a distintas temperaturas



Variación del Módulo con la Frecuencia en la mezcla con asfalto convencional con un 6% de asfalto a distintas temperaturas

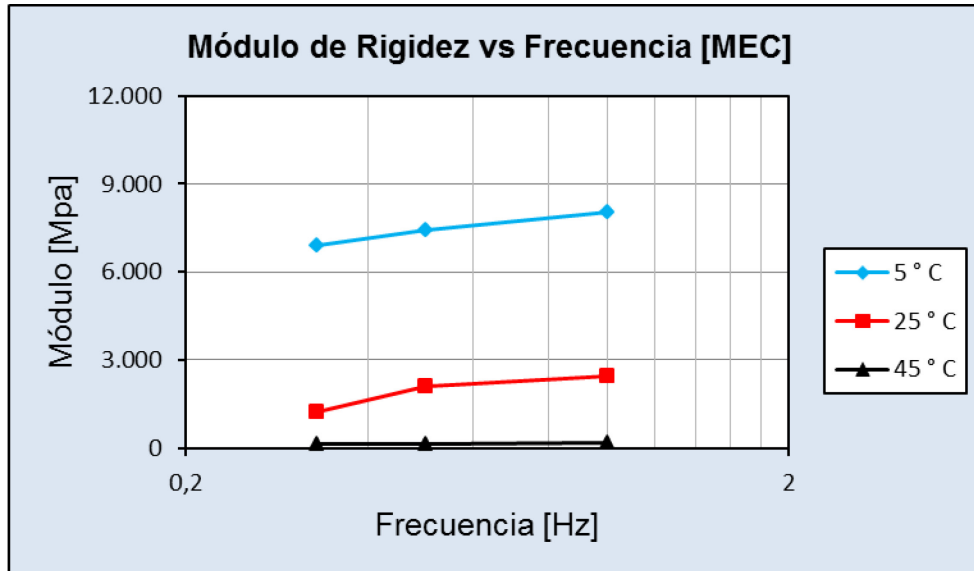


Variación del Módulo con la Frecuencia en la mezcla con emulsión convencional con un 4% de asfalto a distintas temperaturas

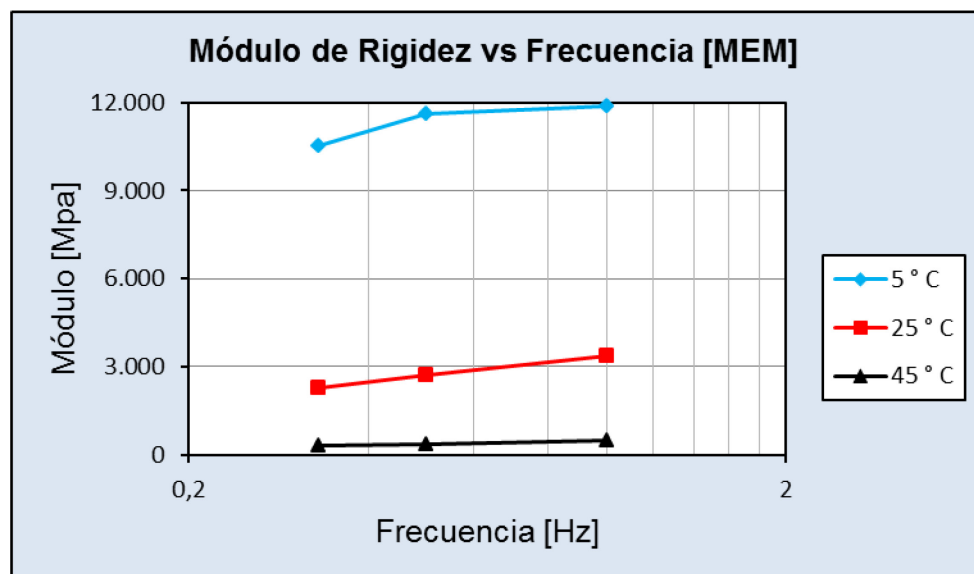


Variación del Módulo con la Frecuencia en la mezcla con emulsión convencional con un 5% de asfalto a distintas temperaturas

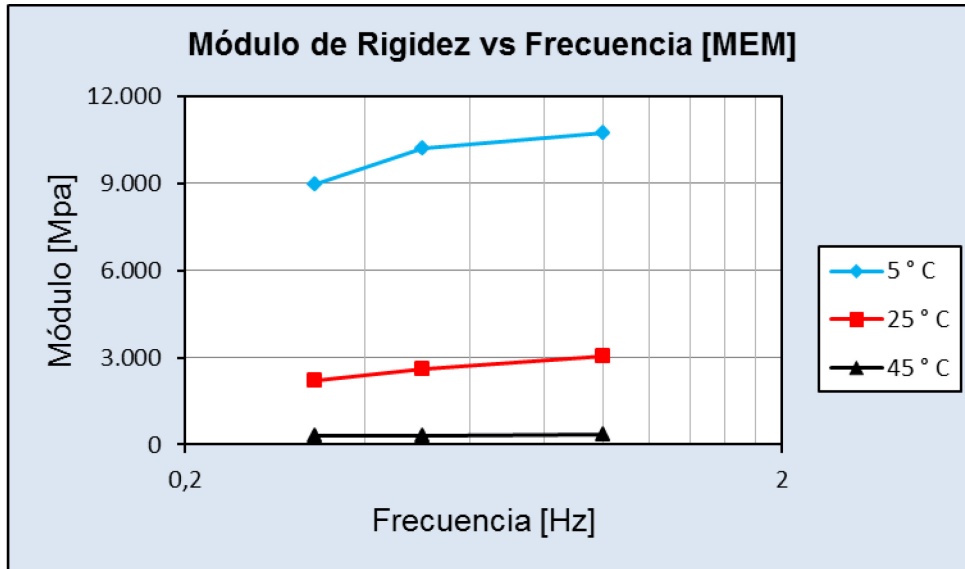




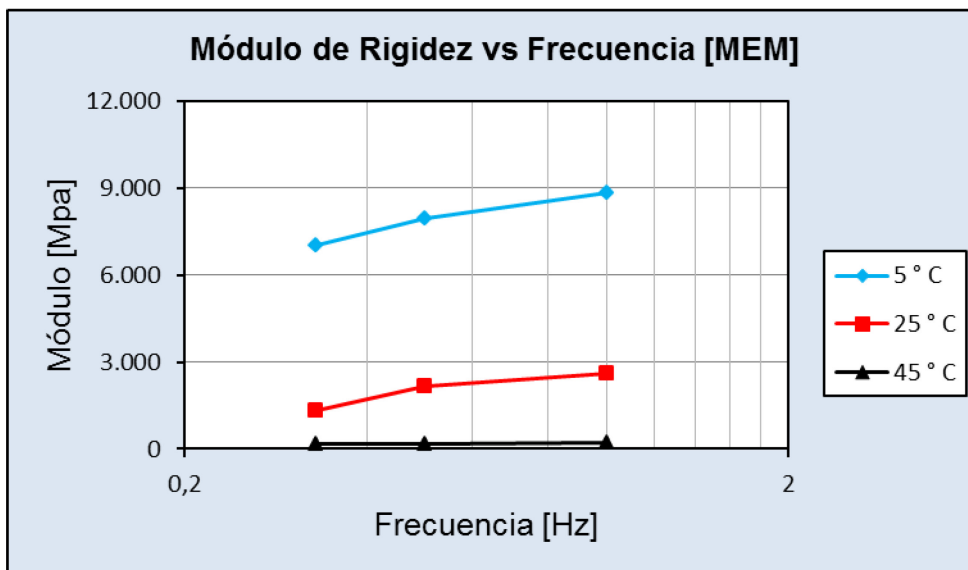
Variación del Módulo con la Frecuencia en la mezcla con emulsión convencional con un 6% de asfalto a distintas temperaturas



Variación del Módulo con la Frecuencia en la mezcla con emulsión modificada con un 4% de asfalto a distintas temperaturas



Variación del Módulo con la Frecuencia en la mezcla con emulsión modificada con un 5% de asfalto a distintas temperaturas



Variación del Módulo con la Frecuencia en la mezcla con emulsión modificada con un 6% de asfalto a distintas temperaturas

**ANEXO B**

**CÁLCULOS CON EL PROGRAMA ECOROUTE**

En este Anexo se incorporan las Planillas con los datos de ingreso al programa de cálculo ECOROUTE para las dos tipos de Obras

- B.1 - Corrida del programa de cálculo que permitió obtener los coeficientes de equivalencias de espesores y el N° de ejes que podrá soportar la estructura considerando que el Módulo de la Base granular = 200 MPa y de la Subbase granular = 120 MPa.
- B.2 - Corrida del programa de cálculo que permitió obtener los coeficientes de equivalencias de espesores y el N° de ejes que podrá soportar la estructura considerando que el Módulo de la Base granular = 300 MPa y de la Subbase granular = 150 MPa

**B.1 - Corrida del programa de cálculo. Datos de ingreso:**

**Módulo Capa de rodamiento MAC = 11.707 MPa, coef. de Poisson = 0,35,  
Para pavimentación de caminos de la red vial secundaria e = 8 cm y para  
Pavimentación urbana e = 6 cm**

**Módulo capa de rodamiento MEM = 6.968 MPa, coef. de Poisson = 0,35**

**Módulo Base granular = 200 MPa, coef. de Poisson = 0,35 y e = 15 cm**

**Módulo Subbase granular = 120 MPa, coef. de Poisson = 0,35 y e = 20 cm**

**Módulo subrasante = 50 MPa, coeficiente de Poisson = 0,40**

**PAVIMENTACIÓN DE CAMINOS DE LA RED VIAL SECUNDARIA**

OPTION SCIENTIFIQUE

MAC CASO 1

AFFICHAGE SIMPLIFIE

```

*****
*           *           *           *           *           *
* CHAUSSEE *   NZ     *   EZ     *   NH     *   EH     *
*           *           *           *           *           *
*****
* H = 8.00 *           *           *           *           *
* E = 11707 * 5.62E-01ZRS * -1.52E-04ZAS * -3.34E+00TRI * -2.05E-04TRI *
* EE = 0.35 *           *           *           *           *
** COLLE *****
* H = 15.00 *           *           *           *           *
* E = 200 * 9.61E-02ZRS * 4.85E-04ZRS * -1.17E-01TAI * -5.05E-04TAI *
* EE = 0.35 *           *           *           *           *
** DECOLLE *****
* H = 20.00 *           *           *           *           *
* E = 120 * 5.05E-02ZAS * 1.18E-04ZRS * -3.54E-02TAI * -3.28E-04TAI *
* EE = 0.35 *           *           *           *           *
** DECOLLE *****
* H = $ *           *           *           *           *
* E = 50 * 4.09E-02ZAS * 2.29E-04ZAS *           *           *
* EE = 0.40 *           *           *           *           *
*****
*           *           *           *           *           *
* CHARGE * JUMELAGE *R= 10.76 cm *P =0.562 MPA *           *
* DEFLEXION *           *W = 8.215E+01 mm/100 *           *
* RAYON de COURBURE *Rc = 1.785E+02 m *           *
*****
    
```

OPTION SCIENTIFIQUE

MEC CASO 1

AFFICHAGE SIMPLIFIE

```

*****
*      *      *      *      *      *
* CHAUSSEE *  NZ *  EZ *  NH *  EH *
*      *      *      *      *
*****
* H = 8.00 *      *      *      *
* E = 6636 * 5.62E-01ZRS * -1.97E-04ZAS * -2.56E+00TRI * -2.81E-04TRI *
* EE = 0.35 *      *      *      *
** COLLE *****
* H = 15.00 *      *      *      *
* E = 200 * 1.31E-01ZRS * 6.62E-04ZRS * -1.50E-01TAI * -6.48E-04TAI *
* EE = 0.35 *      *      *      *
** DECOLLE *****
* H = 20.00 *      *      *      *
* E = 120 * 6.15E-02ZAS * 1.35E-04ZRS * -4.54E-02TAI * -4.11E-04TAI *
* EE = 0.35 *      *      *      *
** DECOLLE *****
* H = $ *      *      *      *
* E = 50 * 4.83E-02ZAS * 2.70E-04ZAS *      *      *
* EE = 0.40 *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
* CHARGE * JUMELAGE *R= 10.76 cm *P =0.562 MPA *      *
* DEFLEXION *      *W = 9.122E+01 mm/100 *      *
* RAYON de COURBURE *Rc = 1.287E+02 m *      *
*****

```

OPTION SCIENTIFIQUE

MEM CASO 1

AFFICHAGE SIMPLIFIE

```

*****
*      *      *      *      *      *
* CHAUSSEE *  NZ *  EZ *  NH *  EH *
*      *      *      *      *
*****
* H = 8.00 *      *      *      *
* E = 6968 * 5.62E-01ZRS * -1.93E-04ZAS * -2.63E+00TRI * -2.74E-04TRI *
* EE = 0.35 *      *      *      *
** COLLE *****
* H = 15.00 *      *      *      *
* E = 200 * 1.27E-01ZRS * 6.45E-04ZRS * -1.47E-01TAI * -6.36E-04TAI *
* EE = 0.35 *      *      *      *
** DECOLLE *****
* H = 20.00 *      *      *      *
* E = 120 * 6.05E-02ZAS * 1.34E-04ZRS * -4.45E-02TAI * -4.04E-04TAI *
* EE = 0.35 *      *      *      *

```

\*\* DECOLLE \*\*\*\*\*

\* H = \$ \* \* \* \* \*

\* E = 50 \* 4.77E-02ZAS \* 2.67E-04ZAS \* \* \*

\* EE = 0.40 \* \* \* \* \*

\*\*\*\*\*

\* \* \* \* \*

\* CHARGE \* JUMELAGE \*R= 10.76 cm \*P =0.562 MPA \* \*

\* DEFLEXION \* \*W = 9.048E+01 mm/100 \* \*

\* RAYON de COURBURE \*Rc = 1.321E+02 m \* \*



OPTION ECONOMIQUE une couche

MEC CASO 1

AFFICHAGE SIMPLIFIE

\*\*\*\*\*

\* \* \* \* \*

\* CHAUSSEE \* NZ \* EZ \* NH \* EH \*

\* \* \* \* \*

\*\*\*\*\*

\* H = 12.62 \* \* \* \* \*

\* E = 6636 \* 5.62E-01ZRS \* -1.10E-04ZRS \* -1.69E+00TRI \* -1.84E-04TAI \*

\* EE = 0.35 \* \* \* \* \*

\*\* COLLE \*\*\*\*\*

\* H = 15.00 \* \* \* \* \*

\* E = 200 \* 6.46E-02ZRS \* 3.70E-04ZRS \* -8.24E-02TAI \* -3.51E-04TAI \*

\* EE = 0.35 \* \* \* \* \*

\*\* DECOLLE \*\*\*\*\*

\* H = 20.00 \* \* \* \* \*

\* E = 120 \* 3.50E-02ZAS \* 9.44E-05ZAS \* -2.20E-02TAI \* -2.15E-04TAI \*

\* EE = 0.35 \* \* \* \* \*

\*\* DECOLLE \*\*\*\*\*

\* H = \$ \* \* \* \* \*

\* E = 50 \* 2.96E-02ZAS \* 1.66E-04ZAS \* \* \*

\* EE = 0.40 \* \* \* \* \*

\*\*\*\*\*

\* \* \* \* \*

\* CHARGE \* JUMELAGE \*R= 10.76 cm \*P =0.562 MPA \* \*

\* DEFLEXION \* \*W = 6.775E+01 mm/100 \* \*

\* RAYON de COURBURE \*Rc = 2.854E+02 m \* \*



MEC CASO 1

\*\*\*\*\* ETUDE ECONOMIQUE \*\*\*\*\*

```

*
*
*          CARACTERISTIQUES
*          des
*          SOLUTIONS
*
*****
*          *          *          SOLUTION          * Valeur limite *
*****
*  H 0  *  12.62          * <-EPAISSEUR PROPOSEE*
*****
*  DFH. 0  *  1.84e-04          *          * 1.87e-04          *
*
*****

```

\* GLOSSAIRE \*

- \* NH j est la contrainte horizontale
- \* DFH j est la déformation horizontale
- \* NZ j est la contrainte verticale
- \* DFZ j est la déformation verticale

OPTION ECONOMIQUE une couche

MEM CASO 1

AFFICHAGE SIMPLIFIE

```

*****
*          *          *          *          *          *
*  CHAUSSEE  *  NZ  *  EZ  *  NH  *  EH  *
*          *          *          *          *
*****
*  H = 12.25 *          *          *          *
*  E = 6968 * 5.62E-01ZRS * -1.13E-04ZRS * -1.78E+00TRI * -1.85E-04TAI *
*  EE = 0.35 *          *          *          *
** COLLE *****
*  H = 15.00 *          *          *          *
*  E = 200 * 6.59E-02ZRS * 3.74E-04ZRS * -8.38E-02TAI * -3.57E-04TAI *
*  EE = 0.35 *          *          *          *
** DECOLLE *****
*  H = 20.00 *          *          *          *
*  E = 120 * 3.57E-02ZAS * 9.56E-05ZAS * -2.26E-02TAI * -2.20E-04TAI *
*  EE = 0.35 *          *          *          *
** DECOLLE *****
*  H = $ *          *          *          *
*  E = 50 * 3.01E-02ZAS * 1.69E-04ZAS *          *          *
*  EE = 0.40 *          *          *          *

```

```

*****
*          *          *          *          *
*  CHARGE  *  JUMELAGE  *R= 10.76 cm  *P =0.562 MPA  *
*  DEFLEXION *          *W = 6.847E+01 mm/100  *
*  RAYON de COURBURE  *Rc = 2.792E+02 m  *
*****

```



MEM CASO 1

\*\*\*\*\* ETUDE ECONOMIQUE \*\*\*\*\*

\*  
\* CARACTERISTIQUES \*  
\* des \*  
\* SOLUTIONS \*  
\*

\*\*\*\*\*

\* \* \* SOLUTION \* Valeur limite \*  
\*\*\*\*\*  
\* H 0 \* 12.25 \* <-EPAISSEUR PROPOSEE\* \*  
\*\*\*\*\*  
\* DFH. 0 \* 1.85e-04 \* 1.87e-04 \*  
\* \*  
\*\*\*\*\*

\* GLOSSAIRE \*

- \* NH j est la contrainte horizontale
- \* DFH j est la déformation horizontale
- \* NZ j est la contrainte verticale
- \* DFZ j est la déformation verticale

**PAVIMENTACIÓN URBANA U OBRAS MENORES**

OPTION SCIENTIFIQUE

MAC CASO 2

AFFICHAGE SIMPLIFIE

\*\*\*\*\*

\* \* \* \* \*  
\* CHAUSSEE \* NZ \* EZ \* NH \* EH \*  
\* \* \* \* \*

\*\*\*\*\*

\* H = 6.00 \* \* \* \* \*  
\* E = 11707 \* 5.62E-01ZRS \* -1.56E-04ZAS \* -3.87E+00TRI \* -2.39E-04TRI \*  
\* EE = 0.35 \* \* \* \* \*  
\*\* COLLE \*\*\*\*\*  
\* H = 20.00 \* \* \* \* \*

\* E = 200 \* 1.55E-01ZRS \* 6.99E-04ZRS \* -1.52E-01TAI \* -6.39E-04TAI \*  
\* EE = 0.35 \* \* \* \* \*

\*\* DECOLLE \*\*\*\*\*

\* H = \$ \* \* \* \* \*  
\* E = 50 \* 5.43E-02ZAS \* 3.04E-04ZAS \* \* \* \* \*  
\* EE = 0.40 \* \* \* \* \*

\*\*\*\*\*

\* \* \* \* \*  
\* CHARGE \* JUMELAGE \*R= 10.76 cm \*P =0.562 MPA \* \* \* \* \*  
\* DEFLEXION \* \*W = 8.911E+01 mm/100 \* \* \* \* \*

\* RAYON de COURBURE \*Rc = 1.182E+02 m \* \*

OPTION SCIENTIFIQUE

MEC CASO 2

AFFICHAGE SIMPLIFIE

```
*****
*      *      *      *      *      *
* CHAUSSEE *  NZ  *  EZ  *  NH  *  EH  *
*      *      *      *      *      *
*****
* H = 6.00 *      *      *      *      *
* E = 6636 * 5.62E-01ZRS * -1.84E-04ZAS * -2.81E+00TRI * -3.10E-04TRI *
* EE = 0.35 *      *      *      *      *
** COLLE *****
* H = 20.00 *      *      *      *      *
* E = 200 * 2.01E-01ZRS * 9.09E-04ZRS * -1.78E-01TAI * -7.53E-04TAI *
* EE = 0.35 *      *      *      *      *
** DECOLLE *****
* H = $ *      *      *      *      *
* E = 50 * 6.10E-02ZAS * 3.42E-04ZAS *      *      *
* EE = 0.40 *      *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
* CHARGE * JUMELAGE *R= 10.76 cm *P =0.562 MPA *      *
* DEFLEXION *      *W = 9.520E+01 mm/100 *      *
* RAYON de COURBURE *Rc = 9.119E+01 m *      *
```

OPTION SCIENTIFIQUE

MEM CASO 2

AFFICHAGE SIMPLIFIE

```
*****
*      *      *      *      *      *
* CHAUSSEE *  NZ  *  EZ  *  NH  *  EH  *
*      *      *      *      *      *
*****
* H = 6.00 *      *      *      *      *
* E = 6968 * 5.62E-01ZRS * -1.81E-04ZAS * -2.89E+00TRI * -3.04E-04TRI *
* EE = 0.35 *      *      *      *      *
** COLLE *****
* H = 20.00 *      *      *      *      *
* E = 200 * 1.97E-01ZRS * 8.90E-04ZRS * -1.76E-01TAI * -7.44E-04TAI *
* EE = 0.35 *      *      *      *      *
** DECOLLE *****
* H = $ *      *      *      *      *
```



- \* NH j est la contrainte horizontale
- \* DFH j est la déformation horizontale
- \* NZ j est la contrainte verticale
- \* DFZ j est la déformation verticale

OPTION ECONOMIQUE une couche

MEM CASO 2

AFFICHAGE SIMPLIFIE

```

*****
*      *      *      *      *      *
* CHAUSSEE *  NZ  *  EZ  *  NH  *  EH  *
*      *      *      *      *      *
*****
* H = 9.88 *      *      *      *      *
* E = 6968 * 5.62E-01ZRS * -1.44E-04ZRS * -2.06E+00TRI * -2.14E-04TRI *
* EE = 0.35 *      *      *      *      *
** COLLE *****
* H = 20.00 *      *      *      *      *
* E = 200 * 9.90E-02ZRS * 5.03E-04ZRS * -1.06E-01TAI * -4.38E-04TAI *
* EE = 0.35 *      *      *      *      *
** DECOLLE *****
* H = $ *      *      *      *      *
* E = 50 * 3.91E-02ZAS * 2.19E-04ZAS *      *      *
* EE = 0.40 *      *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *      *
* CHARGE * JUMELAGE *R= 10.76 cm *P =0.562 MPA *      *
* DEFLEXION *      *W = 7.416E+01 mm/100 *      *
*
* RAYON de COURBURE *Rc = 2.005E+02 m *      *
.....

```

MEM CASO 2

```

***** ETUDE ECONOMIQUE *****
*
*      *      *
*      *      *
*      *      *
*      *      *
*      *      *
*****
*      *      *      *      *
*      *      *      *      *
*      *      *      *      *
*      *      *      *      *
*      *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
*      *      *      *      *
*      *      *      *      *
*      *      *      *      *
*      *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
*      *      *      *      *
*      *      *      *      *
*      *      *      *      *
*      *      *      *      *
*****
* GLOSSAIRE *

```

- \* NH j est la contrainte horizontale
- \* DFH j est la déformation horizontale
- \* NZ j est la contrainte verticale
- \* DFZ j est la déformation verticale

**B.2 - Corrida del programa ordenador. Datos de ingreso:**

**Módulo Capa de rodamiento MAC = 11.707 MPa, coef. de Poisson = 0,35,  
Para pavimentación de caminos de la red vial secundaria e = 8 cm y para  
Pavimentación urbana e = 6 cm**

**Módulo capa de rodamiento MEM = 6.968 MPa, coef. de Poisson = 0,35**

**Módulo Base granular = 300 MPa, coef. de Poisson = 0,35 y e = 15 cm**

**Módulo Subbase granular = 150 MPa, coef. de Poisson = 0,35 y e = 20 cm**

**Módulo subrasante = 50 MPa, coeficiente de Poisson = 0,40**

**PAVIMENTACIÓN DE CAMINOS DE LA RED VIAL SECUNDARIA**

OPTION SCIENTIFIQUE

MAC caso 1

AFFICHAGE SIMPLIFIE

```

*****
*      *      *      *      *      *
* CHAUSSEE *  NZ  *  EZ  *  NH  *  EH  *
*      *      *      *      *      *
*****
* H = 8.00 *      *      *      *      *
* E = 11707 * 5.62E-01ZRS * -1.37E-04ZAS * -2.95E+00TRI * -1.82E-04TRI *
* EE = 0.35 *      *      *      *      *
** COLLE *****
* H = 15.00 *      *      *      *      *
* E = 300 * 1.15E-01ZRS * 4.05E-04ZRS * -1.64E-01TAI * -4.47E-04TAI *
* EE = 0.35 *      *      *      *      *
** DECOLLE *****
* H = 20.00 *      *      *      *      *
* E = 150 * 4.96E-02ZAS * 6.53E-05ZRS * -4.24E-02TAI * -2.89E-04TAI *
* EE = 0.35 *      *      *      *      *
** DECOLLE *****
* H = $ *      *      *      *      *
* E = 50 * 3.85E-02ZAS * 2.16E-04ZAS *      *      *
* EE = 0.40 *      *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *      *
* CHARGE * JUMELAGE *R= 10.76 cm *P =0.562 MPA *      *
* DEFLEXION *      *W = 7.666E+01 mm/100 *      *
* RAYON de COURBURE *Rc = 1.982E+02 m *      *
*****
    
```

OPTION SCIENTIFIQUE

MEC caso 1

AFFICHAGE SIMPLIFIE

```

*****
*      *      *      *      *      *
* CHAUSSEE *  NZ *  EZ *  NH *  EH *
*      *      *      *      *
*****
* H = 8.00 *      *      *      *
* E = 6636 * 5.62E-01ZRS * -1.72E-04ZAS * -2.17E+00TRI * -2.40E-04TRI *
* EE = 0.35 *      *      *      *
** COLLE *****
* H = 15.00 *      *      *      *
* E = 300 * 1.55E-01ZRS * 5.41E-04ZRS * -2.02E-01TAI * -5.56E-04TAI *
* EE = 0.35 *      *      *      *
** DECOLLE *****
* H = 20.00 *      *      *      *
* E = 150 * 5.92E-02ZAS * 7.33E-05ZRS * -5.28E-02TAI * -3.54E-04TAI *
* EE = 0.35 *      *      *      *
** DECOLLE *****
* H = $ *      *      *      *
* E = 50 * 4.45E-02ZAS * 2.49E-04ZAS *      *      *
* EE = 0.40 *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
* CHARGE * JUMELAGE *R= 10.76 cm *P =0.562 MPA *      *
* DEFLEXION *      *W = 8.364E+01 mm/100 *      *
* RAYON de COURBURE *Rc = 1.476E+02 m *      *
*****

```

OPTION SCIENTIFIQUE

MEM caso 1

AFFICHAGE SIMPLIFIE

```

*****
*      *      *      *      *
* CHAUSSEE *  NZ *  EZ *  NH *  EH *
*      *      *      *      *
*****
* H = 8.00 *      *      *      *
* E = 6968 * 5.62E-01ZRS * -1.69E-04ZAS * -2.24E+00TRI * -2.35E-04TRI *
* EE = 0.35 *      *      *      *

```

```

** COLLE *****
* H = 15.00 *      *      *      *      *
* E = 300 * 1.51E-01ZRS * 5.29E-04ZRS * -1.99E-01TAI * -5.47E-04TAI *
* EE = 0.35 *      *      *      *      *
** DECOLLE *****

* H = 20.00 *      *      *      *      *
* E = 150 * 5.84E-02ZAS * 7.26E-05ZRS * -5.19E-02TAI * -3.49E-04TAI *
* EE = 0.35 *      *      *      *      *
** DECOLLE *****

* H = $ *      *      *      *      *
* E = 50 * 4.40E-02ZAS * 2.47E-04ZAS *      *      *
* EE = 0.40 *      *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
* CHARGE * JUMELAGE *R= 10.76 cm *P =0.562 MPA *      *
* DEFLEXION *      *W = 8.309E+01 mm/100 *      *
* RAYON de COURBURE *Rc = 1.512E+02 m *      *

```

OPTION ECONOMIQUE une couche

MEC caso 1

```

*****
*      *      *      *      *
* CHAUSSEE * NZ * EZ * NH * EH *
*      *      *      *      *
*****
* H = 12.69 *      *      *      *
* E = 6636 * 5.62E-01ZRS * -9.87E-05ZRS * -1.51E+00TRI * -1.65E-04TAI *
* EE = 0.35 *      *      *      *
** COLLE *****
* H = 15.00 *      *      *      *
* E = 300 * 7.71E-02ZRS * 3.12E-04ZRS * -1.18E-01TAI * -3.16E-04TAI *
* EE = 0.35 *      *      *      *
** DECOLLE *****
* H = 20.00 *      *      *      *
* E = 150 * 3.46E-02ZAS * 5.46E-05ZRS * -2.70E-02TAI * -1.92E-04TAI *
* EE = 0.35 *      *      *      *
** DECOLLE *****
* H = $ *      *      *      *
* E = 50 * 2.82E-02ZAS * 1.58E-04ZAS *      *      *
* EE = 0.40 *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
* CHARGE * JUMELAGE *R= 10.76 cm *P =0.562 MPA *      *
* DEFLEXION *      *W = 6.393E+01 mm/100 *      *
* RAYON de COURBURE *Rc = 3.114E+02 m *      *

```







\* DEFLEXION \* \*W = 8.045E+01 mm/100 \* \*  
 \* RAYON de COURBURE \*Rc = 1.389E+02 m \* \*

OPTION SCIENTIFIQUE

MEC caso 2

AFFICHAGE SIMPLIFIE

```
*****
*      *      *      *      *      *
* CHAUSSEE *  NZ *  EZ *  NH *  EH *
*      *      *      *      *
*****
* H = 6.00 *      *      *      *
* E = 6636 * 5.62E-01ZRS * -1.52E-04ZAS * -2.22E+00TRI * -2.48E-04TRI *
* EE = 0.35 *      *      *      *
** COLLE *****
* H = 20.00 *      *      *      *
* E = 300 * 2.35E-01ZRS * 7.17E-04ZRS * -2.29E-01TAI * -6.12E-04TAI *
* EE = 0.35 *      *      *      *
** DECOLLE *****
* H = $ *      *      *      *
* E = 50 * 5.28E-02ZAS * 2.96E-04ZAS *      *      *
* EE = 0.40 *      *      *      *
*****
*      *      *      *      *
* CHARGE * JUMELAGE *R= 10.76 cm *P =0.562 MPA *      *
* DEFLEXION * *W = 8.470E+01 mm/100 *      *
* RAYON de COURBURE *Rc = 1.110E+02 m *      *
```

OPTION SCIENTIFIQUE

MEM caso 2

AFFICHAGE SIMPLIFIE

```
*****
*      *      *      *      *      *
* CHAUSSEE *  NZ *  EZ *  NH *  EH *
*      *      *      *      *
*****
* H = 6.00 *      *      *      *
* E = 6968 * 5.62E-01ZRS * -1.51E-04ZAS * -2.30E+00TRI * -2.44E-04TRI *
* EE = 0.35 *      *      *      *
** COLLE *****
* H = 20.00 *      *      *      *
* E = 300 * 2.30E-01ZRS * 7.03E-04ZRS * -2.27E-01TAI * -6.06E-04TAI *
```

```

* EE = 0.35 *
** DECOLLE *****
* H = $ *
* E = 50 * 5.24E-02ZAS * 2.94E-04ZAS *
*
* EE = 0.40 *
*****
*
* CHARGE * JUMELAGE *R= 10.76 cm *P =0.562 MPA *
* DEFLEXION * *W = 8.437E+01 mm/100 *
* RAYON de COURBURE *Rc = 1.130E+02 m *

```

OPTION ECONOMIQUE une couche

MEC caso 2

```

*****
*
* CHAUSSEE * NZ * EZ * NH * EH *
*
*****
* H = 10.44 *
* E = 6636 * 5.62E-01ZRS * -1.20E-04ZRS * -1.65E+00TRI * -1.82E-04TRI *
* EE = 0.35 *
** COLLE *****
* H = 20.00 *
* E = 300 * 1.12E-01ZRS * 3.99E-04ZRS * -1.39E-01TAI * -3.63E-04TAI *
* EE = 0.35 *
** DECOLLE *****
* H = $ *
* E = 50 * 3.41E-02ZAS * 1.91E-04ZAS *
* EE = 0.40 *
*****
*
* CHARGE * JUMELAGE *R= 10.76 cm *P =0.562 MPA *
* DEFLEXION * *W = 6.695E+01 mm/100 *
* RAYON de COURBURE *Rc = 2.403E+02 m *

```

MEC caso 2

```

***** ETUDE ECONOMIQUE *****
*
* CARACTERISTIQUES *
* des *
* SOLUTIONS *
*
*****
* * SOLUTION * Valeur limite *

```

```
*****
* H 0 * 10.44 * <-EPAISSEUR PROPOSEE* *
*****
* DFH. 0 * 1.82e-04 * * 1.83e-04 *
*
*****
```

OPTION ECONOMIQUE une couche

MEM caso 2

```
*****
* * * * *
* CHAUSSEE * NZ * EZ * NH * EH *
* * * * *
* H = 10.06 * * * * *
* E = 6968 * 5.62E-01ZRS * -1.24E-04ZRS * -1.74E+00TRI * -1.83E-04TRI *
* EE = 0.35 * * * * *
** COLLE *****
* H = 20.00 * * * * *
* E = 300 * 1.15E-01ZRS * 4.07E-04ZRS * -1.42E-01TAI * -3.72E-04TAI *
* EE = 0.35 * * * * *
** DECOLLE *****
* H = $ * * * * *
* E = 50 * 3.49E-02ZAS * 1.95E-04ZAS * * *
* EE = 0.40 * * * * *
*****
* * * * *
* CHARGE * JUMELAGE *R= 10.76 cm *P =0.562 MPA * *
* DEFLEXION * *W = 6.777E+01 mm/100 * *
* RAYON de COURBURE *Rc = 2.330E+02 m * *
```

MEM caso 2

```
***** ETUDE ECONOMIQUE *****
*
* CARACTERISTIQUES *
* des *
* SOLUTIONS *
*
*****
* * SOLUTION * Valeur limite *
*****
* H 0 * 10.06 * <-EPAISSEUR PROPOSEE* *
*****
* DFH. 0 * 1.83e-04 * * 1.83e-04 *
```

\*

\*

\*\*\*\*\*

\* GLOSSAIRE \*

\* NH j est la contrainte horizontale

\* DFH j est la déformation horizontale

\* NZ j est la contrainte verticale

\* DFZ j est la déformation verticale



## **ANEXO C**

### **ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE LAS MEZCLAS SEGÚN DISTINTAS METODOLOGÍAS DE ELABORACIÓN**

En este Anexo se incorporan las Planillas de costos de materiales, mano de obra, equipos, transporte, coeficiente resumen, emplazamiento del obrador, y la de los análisis de precios de las restantes alternativas de transporte, elaboración y colocación de las mezclas.

C.1 - Planillas de costos de materiales, mano de obra, transporte, equipos, coeficiente resumen y emplazamiento del obrador.

C.2 - Planillas de análisis de precios considerando diferentes distancias de transporte del ligante y metodologías de elaboración de las mezclas.

C.3 - Tablas y gráficos comparativos de los costos de la mezcla en caliente y la elaborada con emulsión modificada, para distancias de transporte del ligante bituminosos de 100 km y 500 km.



### C.1- PLANILLAS DE COSTOS DE MATERIALES, MANO DE OBRA, TRANSPORTE, EQUIPOS, COEFICIENTE RESUMEN Y EMPLAZAMIENTO DEL OBRADOR

#### PLANILLA DE MATERIALES

Material	Unidad	Costo Unitario	Pérdidas %	Costo Unitario Perdidas	Costo Unidad
Arena Silícea	Tn	\$108,60	7,00%	\$7,60	\$116,20
Cal Hidráulica hidratada	Tn	\$1.850,00	2,00%	\$37,00	\$1.887,00
Fuel Oil 1 (70/30)	Tn	\$8.015,10	4,00%	\$320,60	\$8.335,70
Cemento Asfáltico 70/100	Tn	\$7.110,00	5,00%	\$355,50	\$7.465,50
Emulsión Asfáltica CRL	Tn	\$6.050,00	5,00%	\$302,50	\$6.352,50
Emulsión Asfáltica CRLm	Tn	\$7.200,00	5,00%	\$360,00	\$7.560,00
Arena de trituración 0-6 mm	Tn	\$120,30	6,00%	\$7,22	\$127,52
Piedra Partida 6-12 mm	Tn	\$250,70	4,00%	\$10,03	\$260,73
Piedra Partida 6-20 mm	Tn	\$239,80	4,00%	\$9,59	\$249,39

#### PLANILLA DE MANO DE OBRA

Categoría	Salario \$/hora	Premio por	Jornal	Mejoras	Seguro	Jornal	Otros (20%)	Costo
		Asistencia (20%)	Directo	Sociales (98%)	A.R.T. (14%)	Total	Vigilancia/Miáticos/Hs Ex	Total
		\$/hora	\$/hora	\$/hora	\$/hora	\$/hora	\$/hora	\$/hora
Oficial Especializado	64,99	13,00	77,99	76,43	10,92	165,34	33,07	198,41
Oficial	55,38	11,08	66,46	65,13	9,30	140,89	28,18	169,07
Medio Oficial	51,06	10,21	61,27	60,04	8,58	129,89	25,98	155,87
Ayudante	46,87	9,37	56,24	55,12	7,87	119,23	23,85	143,08

#### PLANILLA DE TRANSPORTES

Material	Origen	Distancia Origen (Km)	Unidad	Transporte Unidad/Km	Costo Unitario Sin Pérdidas	Pérdidas %	Costo Unitario Pérdidas	Costo Unitario Con Pérdidas
Arena Silícea	Ramallo	70	Tn	\$1,00	\$70,00	7,00%	\$4,90	\$74,90
Cal Hidráulica hidratada	Olavarría	500	Tn	\$0,16	\$80,00	2,00%	\$1,60	\$81,60
Fuel Oil 1 (70/30)	Ensenada	100	Tn	\$1,30	\$130,00	4,00%	\$5,20	\$135,20
Cemento Asfáltico 70/100	Ensenada	100	Tn	\$1,30	\$130,00	5,00%	\$6,50	\$136,50
Emulsión Asfáltica CRL	Ensenada	100	Tn	\$1,20	\$120,00	5,00%	\$6,00	\$126,00
Emulsión Asfáltica CRLm	Ensenada	100	Tn	\$1,20	\$120,00	5,00%	\$6,00	\$126,00
Arena de trituración 0-6 mm	Olavarría	500	Tn	\$0,60	\$300,00	6,00%	\$18,00	\$318,00
Piedra Partida 6-12 mm	Olavarría	500	Tn	\$0,60	\$300,00	4,00%	\$12,00	\$312,00
Piedra Partida 6-20 mm	Olavarría	500	Tn	\$0,60	\$300,00	4,00%	\$12,00	\$312,00

PLANILLA DE EQUIPOS

Designación	HP	Costo	Costo	Valor	Vida	Uso	Costo Amortización	Reparaciones y	COMBUSTIBLES			Costo	Lubricantes	Combustibles y	Total	
		Actual	Actual	Residual	Util	Annual	e Intereses	Repuestos	Tipo	Precio	Consumo	Combustible	30% Combustible	Lubricantes	Combustibles y	Hora
		USD	\$	\$	h	h	\$/h	\$/h		\$/lt	lt/h	\$/h	\$/h	\$/h	\$/h	\$/h
Aplanadora	130	110.000	1.661.000	332.200	10.000	2.000	159,46	93,02	diesel	16,93	15,60	264,11	79,23	343,34	595,81	
Camión de mantenimiento	140	40.000	604.000	120.800	10.000	2.000	57,98	33,82	diesel	16,93	16,80	284,42	85,33	369,75	461,56	
Camión regador de agua	130	40.000	604.000	120.800	10.000	2.000	57,98	33,82	diesel	16,93	15,60	264,11	79,23	343,34	435,15	
Camión volcador	130	40.000	604.000	120.800	10.000	2.000	57,98	33,82	diesel	16,93	15,60	264,11	79,23	343,34	435,15	
Cargador frontal	125	180.000	2.718.000	543.600	10.000	2.000	260,93	152,21	diesel	16,93	15,00	253,95	76,19	330,14	743,27	
Compresor con implementos	45	18.000	271.800	54.360	10.000	2.000	26,09	15,22	diesel	16,93	5,40	91,42	27,43	118,85	160,16	
Laboratorio S°, A° y H°.	0	15.000	226.500	45.300	10.000	2.000	21,74	12,68	----	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,43	
Moldes y herramientas	0	20.000	302.000	60.400	10.000	2.000	28,99	16,91	----	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	45,90	
Tractor con implementos	240	79.730	1.203.923	240.785	10.000	2.000	115,58	67,42	diesel	16,93	28,80	487,58	146,27	633,85	816,85	
Planta asfáltica 80/100	360	500.000	7.550.000	1.510.000	10.000	2.000	724,80	422,80	diesel	16,93	64,80	1097,06	329,12	1.426,18	2.573,78	
Rodillo neumático	95	110.000	1.661.000	332.200	10.000	2.000	159,46	93,02	diesel	16,93	11,40	193,00	57,90	250,90	503,37	
Terminadora asfáltica	160	250.000	3.775.000	755.000	10.000	2.000	362,40	211,40	diesel	16,93	19,20	325,06	97,52	422,58	996,38	
Batea Volcadora 25 m3	320	90.000	1.359.000	271.800	10.000	2.000	130,46	76,10	diesel	16,93	38,40	650,11	195,03	845,14	1.051,71	
Planta Dosificadora de H° p/mixer 25 a 25 m3	80	63.075	952.433	190.487	10.000	2.000	91,43	73,14	diesel	16,93	11,75	198,91	59,67	258,58	423,16	
Motomixer 6 m3 330 HP	330	106.070	1.601.657	320.331	10.000	2.000	153,76	123,01	diesel	16,93	48,50	820,51	246,15	1.066,66	1.343,43	
Balanza + cinta transportadora		25.000	377.500	75.500	10.000	2.000	36,24	21,14	diesel	16,93	5,00	84,65	25,40	110,05	167,43	
Planta Ambuloperante	320	200.000	3.020.000	604.000	10.000	2.000	289,92	169,12	diesel	16,93	38,40	650,11	195,03	845,14	1.304,18	

Cotización Dólar:	15,10
Precio Gas Oil:	16,93

<b>CALCULO DEL COEFICIENTE RESUMEN "R"</b>
--

Costo Neto (C.C): Subtotal (1):		1,0000
Gastos Generales	20,00 % de (1)	0,2000
		-----
Sub-total_2:		1,2000
Beneficios	10,00 % de (2)	0,1200
Gastos Financieros	2,66 % de (2)	0,0319
		-----
Sub-total_3		1,3519
Gastos Impositivos	25,00 % de (3)	0,3380
		-----
	Coeficiente de Resumen	1,6899

<b>COEFICIENTE DE RESUMEN ADOPTADO:</b>	<b>1,69</b>
---	-------------

**COMPUTO Y PRESUPUESTO**

**OBRA:** Emplazamiento Obrador Planta Marini

ITEM	DETALLE	LONGITUD	ANCHO	ESPESOR	UNIDAD	SUBTOTAL	PRECIO UNITARIO	PRECIO ITEM
1	Limpeza de Terreno	100,00	100,00	-	m2	10.000,00	\$ 12,00	\$ 120.000,00
2.1	Desmonte de Terreno Natural P/ Tanques Asf.	20,50	16,00	0,15	m3	49,20	\$ 85,00	\$ 4.182,00
2.2	Desmonte de Terreno Natural P/ Tanque Emulsión	12,00	7,00	0,15	m3	12,60	\$ 85,00	\$ 1.071,00
2.3	Desmonte de Terreno Natural P/ Planta	28,00	6,00	0,15	m3	25,20	\$ 85,00	\$ 2.142,00
3	Perforación de pozo para extracción de agua	---	---	---	Gl	1,00	\$ 54.000,00	\$ 54.000,00
4	Colocación de cerco perimetral de 7 Hilos + Tranquera	---	---	---	Gl	1,00	\$ 79.000,00	\$ 79.000,00
5	Ejecución de base de Rap p/ Contenedores	70,00	4,00	0,03	m3	8,40	\$ 700,00	\$ 5.880,00
6.1	Ejecución de base de Tosca p/ Tanques Asf.	20,50	16,00	0,15	m3	49,20	\$ 105,00	\$ 5.166,00
6.2	Ejecución de base de Tosca p/ Tanque Emulsión	12,00	7,00	0,15	m3	12,60	\$ 105,00	\$ 1.323,00
6.3	Ejecución de base de Tosca p/ Planta	28,00	6,00	0,15	m3	25,20	\$ 105,00	\$ 2.646,00
7.1	Ejecución de platea de H° A° con malla ø 4,2mm p/ Tanques Asf.	18,50	14,00	0,15	m3	38,85	\$ 2.000,00	\$ 77.700,00
7.2	Ejecución de platea de H° A° con malla ø 4,2mm p/ Tanque Emulsión	10,00	5,00	0,15	m3	7,50	\$ 2.000,00	\$ 15.000,00
7.3	Ejecución de platea de H° A° con malla ø 4,2mm p/ Planta	26,00	4,00	0,15	m3	15,60	\$ 2.000,00	\$ 31.200,00
8	Instalación Eléctrica	---	---	---	Gl	1,00	\$ 68.500,00	\$ 68.500,00
9	Contención de H° A° para rampa de acopios	28,00	2,50	0,25	m3	17,50	\$ 2.000,00	\$ 35.000,00
10	Ejecución de rampa de acopios con tosca	10,40	11,72	2,50	m3	304,72	\$ 105,00	\$ 31.995,60
11	Grúa para carga / descarga	---	---	---	Hs	24,00	\$ 800,00	\$ 19.200,00
12	Viajes de carretón y semirremolque	---	---	---	Un	10,00	\$ 15.000,00	\$ 150.000,00
<b>TOTAL</b>								<b>\$ 704.005,60</b>

**OBRA:** Emplazamiento Obrador Planta Ambuloperante

ITEM	DETALLE	LONGITUD	ANCHO	ESPESOR	UNIDAD	SUBTOTAL	PRECIO UNITARIO	PRECIO ITEM
1	Limpeza de Terreno	100,00	100,00	---	m2	10.000,00	\$ 12,00	\$ 120.000,00
2	Perforación de pozo para extracción de agua	---	---	---	Gl	1,00	\$ 54.000,00	\$ 54.000,00
3	Colocación de cerco perimetral de 7 Hilos + Tranquera	---	---	---	Gl	1,00	\$ 79.000,00	\$ 79.000,00
4	Instalación Eléctrica	---	---	---	Gl	1,00	\$ 15.000,00	\$ 15.000,00
<b>TOTAL</b>								<b>\$ 268.000,00</b>

## C.2 - PLANILLAS DE ANÁLISIS DE PRECIOS CONSIDERANDO DIFERENTES DISTANCIAS DE TRANSPORTE DE MATERIALES Y METODOLOGÍAS DE ELABORACIÓN DE LAS MEZCLAS.

### ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE

**Distancia de Transporte de cemento asfáltico = 100 km**

**Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km**

**Distancia de Transporte de arena silícea = 70 km**

A - MATERIALES						Incid.:
Arena Silícea	0,0475	tn/tn	x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52
Cal Hidráulica hidratada	0,0095	tn/tn	x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93
Fuel Oil 1 (70/30)	0,0070	tn/tn	x	8335,70	\$/tn = \$/tn	58,35
Cemento Asfáltico 70/100	0,0500	tn/tn	x	7465,50	\$/tn = \$/tn	373,28
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn	x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn	x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn	x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12
1	<b>TOTAL MATERIALES : .. = \$/tn</b>				632,39	<b>45,78%</b>

B - : MANO DE OBRA						
Oficial Especializado:	1	x		198,41	\$/h = \$/h	198,41
Oficial :	12	x		169,07	\$/h = \$/h	2028,84
Ayudante :	12	x		143,08	\$/h = \$/h	1716,96
Rendimiento:	35			COSTO HORARIO : ..... = \$/h		3944,21
				tn/h		
				<b>TOTAL MANO DE OBRA :. = \$/tn</b>		<b>112,69</b>
						<b>8,16%</b>

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales						
Arena Silícea	0,0475	tn/tn	x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56
Cal Hidráulica hidratada	0,0095	tn/tn	x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78
Fuel Oil 1 (70/30)	0,0070	tn/tn	x	135,20	\$/tn = \$/tn	0,95
Cemento Asfáltico 70/100	0,0500	tn/tn	x	136,50	\$/tn = \$/tn	6,83
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn	x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn	x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn	x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21
1	<b>TOTAL TRANSPORTE : .. = \$/tn</b>				293,13	<b>21,22%</b>

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS						
Aplanadora	1	x		159,46	\$/h = \$/h	159,46
Camión de mantenimiento	1	x		57,98	\$/h = \$/h	57,98
Camión regador de agua	1	x		57,98	\$/h = \$/h	57,98
Camión volcador	1	x		57,98	\$/h = \$/h	57,98
Cargador frontal	1	x		260,93	\$/h = \$/h	260,93
Compresor con implementos	1	x		26,09	\$/h = \$/h	26,09
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x		21,74	\$/h = \$/h	21,74
Moldes y herramientas	1	x		28,99	\$/h = \$/h	28,99
Tractor con implementos	1	x		115,58	\$/h = \$/h	115,58
Planta asfáltica 80/100	1	x		724,80	\$/h = \$/h	724,80
Rodillo neumático	1	x		159,46	\$/h = \$/h	159,46
Terminadora asfáltica	1	x		362,40	\$/h = \$/h	362,40
Batea Volcadora 25 m3	4	x		130,46	\$/h = \$/h	521,84
Rendimiento:	35			COSTO AMORTIZACION : ..... = \$/h		2555,23
				tn/h		
				<b>TOTAL AMORTIZACION :. = \$/tn</b>		<b>73,01</b>
						<b>5,29%</b>

E - REPARACIONES Y REPUESTOS						
Aplanadora	1	x		93,02	\$/h = \$/h	93,02
Camión de mantenimiento	1	x		33,82	\$/h = \$/h	33,82
Camión regador de agua	1	x		33,82	\$/h = \$/h	33,82
Camión volcador	1	x		33,82	\$/h = \$/h	33,82
Cargador frontal	1	x		152,21	\$/h = \$/h	152,21
Compresor con implementos	1	x		15,22	\$/h = \$/h	15,22
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x		12,68	\$/h = \$/h	12,68
Moldes y herramientas	1	x		16,91	\$/h = \$/h	16,91
Tractor con implementos	1	x		67,42	\$/h = \$/h	67,42
Planta asfáltica 80/100	1	x		422,80	\$/h = \$/h	422,80
Rodillo neumático	1	x		93,02	\$/h = \$/h	93,02
Terminadora asfáltica	1	x		211,40	\$/h = \$/h	211,40
Batea Volcadora 25 m3	4	x		76,10	\$/h = \$/h	304,40
Rendimiento:	35			COSTO REPARACIONES : ..... = \$/h		1490,54
				tn/h		
				<b>TOTAL REPARACIONES :. = \$/tn</b>		<b>42,59</b>
						<b>3,08%</b>

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES						
Aplanadora	1	x		343,34	\$/h = \$/h	343,34
Camión de mantenimiento	1	x		369,75	\$/h = \$/h	369,75
Camión regador de agua	1	x		343,34	\$/h = \$/h	343,34
Camión volcador	1	x		343,34	\$/h = \$/h	343,34
Cargador frontal	1	x		330,14	\$/h = \$/h	330,14
Compresor con implementos	1	x		118,85	\$/h = \$/h	118,85
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x		0,00	\$/h = \$/h	0,00
Moldes y herramientas	1	x		0,00	\$/h = \$/h	0,00
Tractor con implementos	1	x		633,85	\$/h = \$/h	633,85
Planta asfáltica 80/100	1	x		1426,18	\$/h = \$/h	1426,18
Rodillo neumático	1	x		250,90	\$/h = \$/h	250,90
Terminadora asfáltica	1	x		422,58	\$/h = \$/h	422,58
Batea Volcadora 25 m3	4	x		845,14	\$/h = \$/h	3380,56
Rendimiento:	35			COSTO COMBUSTIBLES : ..... = \$/h		7962,83
				tn/h		
				<b>TOTAL COMBUSTIBLES : .... = \$/tn</b>		<b>227,51</b>
						<b>16,47%</b>

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : .....				= \$/tn	1381,32	<b>100%</b>
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>				<b>1381,32</b>	<b>\$/tn x 1,69</b>	<b>= \$/tn 2.334,43</b>

**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE**

Distancia de Transporte de cemento asfáltico = 500 km  
 Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km  
 Distancia de Transporte de arena silícea = 70 km

A - MATERIALES						Incid.:
Arena Silícea	0,0475	tn/tn x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93	
Fuel Oil 1 (70/30)	0,0070	un/tn x	8335,70	\$/tn = \$/tn	58,35	
Cemento Asfáltico 70/100	0,0500	tn/tn x	7465,50	\$/tn = \$/tn	373,28	
Arena de trituracion 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12	
1	TOTAL MATERIALES : .. = \$/tn				632,39	44,77%

B - : MANO DE OBRA						
Oficial Especializado:	1	x	198,41	\$/h = \$/h	198,41	
Oficial :	12	x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84	
Ayudante :	12	x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96	
Rendimiento:	35	tn/h	COSTO HORARIO : ..... = \$/h		3944,21	
			TOTAL MANO DE OBRA :. = \$/tn		112,69	7,98%

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales						
Arena Silícea	0,0475	tn/tn x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78	
Fuel Oil 1 (70/30)	0,0070	un/tn x	676,00	\$/tn = \$/tn	4,73	
Cemento Asfáltico 70/100	0,0500	tn/tn x	682,50	\$/tn = \$/tn	34,13	
Arena de trituracion 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21	
	TOTAL TRANSPORTE : .. = \$/tn				324,21	22,95%

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS						
Aplanadora	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Camión de mantenimiento	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión regador de agua	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión volcador	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Cargador frontal	1	x	260,93	\$/h = \$/h	260,93	
Compresor con implementos	1	x	26,09	\$/h = \$/h	26,09	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	21,74	\$/h = \$/h	21,74	
Moldes y herramientas	1	x	28,99	\$/h = \$/h	28,99	
Tractor con implementos	1	x	115,58	\$/h = \$/h	115,58	
Planta asfáltica 80/100	1	x	724,80	\$/h = \$/h	724,80	
Rodillo neumático	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Terminadora asfáltica	1	x	362,40	\$/h = \$/h	362,40	
Batea Volcadora 25 m3	4	x	130,46	\$/h = \$/h	521,84	
Rendimiento:	35	tn/h	COSTO AMORTIZACION : ..... = \$/h		2555,23	
			TOTAL AMORTIZACION :. = \$/tn		73,01	5,17%

E - REPARACIONES Y REPUESTOS						
Aplanadora	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Camión de mantenimiento	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión regador de agua	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión volcador	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Cargador frontal	1	x	152,21	\$/h = \$/h	152,21	
Compresor con implementos	1	x	15,22	\$/h = \$/h	15,22	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	12,68	\$/h = \$/h	12,68	
Moldes y herramientas	1	x	16,91	\$/h = \$/h	16,91	
Tractor con implementos	1	x	67,42	\$/h = \$/h	67,42	
Planta asfáltica 80/100	1	x	422,80	\$/h = \$/h	422,80	
Rodillo neumático	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Terminadora asfáltica	1	x	211,40	\$/h = \$/h	211,40	
Batea Volcadora 25 m3	4	x	76,10	\$/h = \$/h	304,40	
Rendimiento:	35	tn/h	COSTO REPARACIONES : ..... = \$/h		1490,54	
			TOTAL REPARACIONES :. = \$/tn		42,59	3,02%

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES						
Aplanadora	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión de mantenimiento	1	x	369,75	\$/h = \$/h	369,75	
Camión regador de agua	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión volcador	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Cargador frontal	1	x	330,14	\$/h = \$/h	330,14	
Compresor con implementos	1	x	118,85	\$/h = \$/h	118,85	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Moldes y herramientas	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Tractor con implementos	1	x	633,85	\$/h = \$/h	633,85	
Planta asfáltica 80/100	1	x	1426,18	\$/h = \$/h	1426,18	
Rodillo neumático	1	x	250,90	\$/h = \$/h	250,90	
Terminadora asfáltica	1	x	422,58	\$/h = \$/h	422,58	
Batea Volcadora 25 m3	4	x	845,14	\$/h = \$/h	3380,56	
Rendimiento:	35	tn/h	COSTO COMBUSTIBLES : ..... = \$/h		7962,83	
			TOTAL COMBUSTIBLES : .... = \$/tn		227,51	16,11%

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : .....	= \$/tn	1412,40	100%
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>	<b>1412,40 \$/tn x 1,69</b>	<b>= \$/tn 2.386,96</b>	

**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRIO C/EMULSIÓN CRL**

**Distancia de Transporte de emulsión asfáltica = 100 km**  
**Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km**  
**Distancia de Transporte de arena silícea = 70 km**

**Elaboración de la mezcla en Planta Asfáltica**

A - MATERIALES						Incid.:	
Arena Silícea	0,0475	tn/tn	x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn	x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93	
Fuel Oil 1 (70/30)	0,0000	tn/tn	x	8335,70	\$/tn = \$/tn	0,00	
Emulsión Asfáltica CRL	0,0800	tn/tn	x	6352,50	\$/tn = \$/tn	508,20	
Arena de trituracion 0-6 mm	0,3990	tn/tn	x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn	x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn	x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12	
	1,03	TOTAL MATERIALES : ... = \$/tn				708,96	46,33%

B - : MANO DE OBRA							
Oficial Especializado:	1		x	198,41	\$/h = \$/h	198,41	
Oficial :	12		x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84	
Ayudante :	12		x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96	
Rendimiento:	30	COSTO HORARIO : .....= \$/h				3944,21	
		tn/h					
		TOTAL MANO DE OBRA := \$/tn				131,47	8,59%

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales							
Arena Silícea	0,0475	tn/tn	x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn	x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78	
Fuel Oil 1 (70/30)	0,0000	tn/tn	x	135,20	\$/tn = \$/tn	0,00	
Emulsión Asfáltica CRL	0,0800	tn/tn	x	126,00	\$/tn = \$/tn	10,08	
Arena de trituracion 0-6 mm	0,3990	tn/tn	x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn	x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn	x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21	
		TOTAL TRANSPORTE : ... = \$/tn				295,43	19,31%

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS							
Aplanadora	1		x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Camión de mantenimiento	1		x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión regador de agua	1		x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión volcador	1		x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Cargador frontal	1		x	260,93	\$/h = \$/h	260,93	
Compresor con implementos	1		x	26,09	\$/h = \$/h	26,09	
Laboratorio S°, A° y H°.	1		x	21,74	\$/h = \$/h	21,74	
Moldes y herramientas	1		x	28,99	\$/h = \$/h	28,99	
Tractor con implementos	1		x	115,58	\$/h = \$/h	115,58	
Planta asfáltica 80/100	1		x	724,80	\$/h = \$/h	724,80	
Rodillo neumático	1		x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Terminadora asfáltica	1		x	362,40	\$/h = \$/h	362,40	
Batea Volcadora 25 m3	4		x	130,46	\$/h = \$/h	521,84	
Rendimiento:	30	COSTO AMORTIZACION : .....= \$/h				2555,23	
		tn/h					
		TOTAL AMORTIZACION := \$/tn				85,17	5,57%

E - REPARACIONES Y REPUESTOS							
Aplanadora	1		x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Camión de mantenimiento	1		x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión regador de agua	1		x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión volcador	1		x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Cargador frontal	1		x	152,21	\$/h = \$/h	152,21	
Compresor con implementos	1		x	15,22	\$/h = \$/h	15,22	
Laboratorio S°, A° y H°.	1		x	12,68	\$/h = \$/h	12,68	
Moldes y herramientas	1		x	16,91	\$/h = \$/h	16,91	
Tractor con implementos	1		x	67,42	\$/h = \$/h	67,42	
Planta asfáltica 80/100	1		x	422,80	\$/h = \$/h	422,80	
Rodillo neumático	1		x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Terminadora asfáltica	1		x	211,40	\$/h = \$/h	211,40	
Batea Volcadora 25 m3	4		x	76,10	\$/h = \$/h	304,40	
Rendimiento:	30	COSTO REPARACIONES : .....= \$/h				1490,54	
		tn/h					
		TOTAL REPARACIONES := \$/tn				49,68	3,25%

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES							
Aplanadora	1		x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión de mantenimiento	1		x	369,75	\$/h = \$/h	369,75	
Camión regador de agua	1		x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión volcador	1		x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Cargador frontal	1		x	330,14	\$/h = \$/h	330,14	
Compresor con implementos	1		x	118,85	\$/h = \$/h	118,85	
Laboratorio S°, A° y H°.	1		x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Moldes y herramientas	1		x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Tractor con implementos	1		x	633,85	\$/h = \$/h	633,85	
Planta asfáltica 80/100	1		x	1247,91	\$/h = \$/h	1247,91	
Rodillo neumático	1		x	250,90	\$/h = \$/h	250,90	
Terminadora asfáltica	1		x	422,58	\$/h = \$/h	422,58	
Batea Volcadora 25 m3	4		x	845,14	\$/h = \$/h	3380,56	
Rendimiento:	30	COSTO COMBUSTIBLES : .....= \$/h				7784,56	
		tn/h					
		TOTAL COMBUSTIBLES : .... = \$/tn				259,49	16,96%

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : .....					= \$/tn	1530,20	100%
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>					<b>1530,20</b>	<b>\$/tn x 1,69</b>	<b>= \$/tn 2.586,04</b>

**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRIO C/EMULSIÓN CRL**

**Distancia de Transporte de emulsión asfáltica = 300 km**  
**Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km**  
**Distancia de Transporte de arena silícea = 70 km**

**Elaboración de la mezcla en Planta Asfáltica**

A - MATERIALES						Incid.:
Arena Silícea	0,0475	tn/tn x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52	
Cal Hidráulica hidratada	0,0095	tn/tn x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93	
Fuel Oil 1 (70/30)	0,0000	tn/tn x	8335,70	\$/tn = \$/tn	0,00	
Emulsión Asfáltica CRL	0,0800	tn/tn x	6352,50	\$/tn = \$/tn	508,20	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12	
	1,03		TOTAL MATERIALES : .. = \$/tn		708,96	45,73%

B - MANO DE OBRA						
Oficial Especializado:	1	x	198,41	\$/h = \$/h	198,41	
Oficial :	12	x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84	
Ayudante :	12	x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96	
			COSTO HORARIO : ..... = \$/h		3944,21	
Rendimiento:	30	tn/h	TOTAL MANO DE OBRA := \$/tn		131,47	8,48%

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales						
Arena Silícea	0,0475	tn/tn x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56	
Cal Hidráulica hidratada	0,0095	tn/tn x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78	
Fuel Oil 1 (70/30)	0,0000	tn/tn x	405,60	\$/tn = \$/tn	0,00	
Emulsión Asfáltica CRL	0,0800	tn/tn x	378,00	\$/tn = \$/tn	30,24	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21	
			TOTAL TRANSPORTE : .. = \$/tn		315,59	20,36%

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS						
Aplanadora	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Camión de mantenimiento	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión regador de agua	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión volcador	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Cargador frontal	1	x	260,93	\$/h = \$/h	260,93	
Compresor con implementos	1	x	26,09	\$/h = \$/h	26,09	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	21,74	\$/h = \$/h	21,74	
Moldes y herramientas	1	x	28,99	\$/h = \$/h	28,99	
Tractor con implementos	1	x	115,58	\$/h = \$/h	115,58	
Planta asfáltica 80/100	1	x	724,80	\$/h = \$/h	724,80	
Rodillo neumático	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Terminadora asfáltica	1	x	362,40	\$/h = \$/h	362,40	
Batea Volcadora 25 m3	4	x	130,46	\$/h = \$/h	521,84	
			COSTO AMORTIZACION : ..... = \$/h		2555,23	
Rendimiento:	30	tn/h	TOTAL AMORTIZACION := \$/tn		85,17	5,49%

E - REPARACIONES Y REPUESTOS						
Aplanadora	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Camión de mantenimiento	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión regador de agua	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión volcador	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Cargador frontal	1	x	152,21	\$/h = \$/h	152,21	
Compresor con implementos	1	x	15,22	\$/h = \$/h	15,22	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	12,68	\$/h = \$/h	12,68	
Moldes y herramientas	1	x	16,91	\$/h = \$/h	16,91	
Tractor con implementos	1	x	67,42	\$/h = \$/h	67,42	
Planta asfáltica 80/100	1	x	422,80	\$/h = \$/h	422,80	
Rodillo neumático	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Terminadora asfáltica	1	x	211,40	\$/h = \$/h	211,40	
Batea Volcadora 25 m3	4	x	76,10	\$/h = \$/h	304,40	
			COSTO REPARACIONES : ..... = \$/h		1490,54	
Rendimiento:	30	tn/h	TOTAL REPARACIONES := \$/tn		49,68	3,20%

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES						
Aplanadora	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión de mantenimiento	1	x	369,75	\$/h = \$/h	369,75	
Camión regador de agua	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión volcador	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Cargador frontal	1	x	330,14	\$/h = \$/h	330,14	
Compresor con implementos	1	x	118,85	\$/h = \$/h	118,85	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Moldes y herramientas	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Tractor con implementos	1	x	633,85	\$/h = \$/h	633,85	
Planta asfáltica 80/100	1	x	1247,91	\$/h = \$/h	1247,91	
Rodillo neumático	1	x	250,90	\$/h = \$/h	250,90	
Terminadora asfáltica	1	x	422,58	\$/h = \$/h	422,58	
Batea Volcadora 25 m3	4	x	845,14	\$/h = \$/h	3380,56	
			COSTO COMBUSTIBLES : ..... = \$/h		7784,56	
Rendimiento:	30	tn/h	TOTAL COMBUSTIBLES : .... = \$/tn		259,49	16,74%

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : .....					1550,36	100%
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>	1550,36	\$/tn x	1,69		<b>= \$/tn 2.620,11</b>	



**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRIO C/EMULSIÓN CRL**

**Distancia de Transporte de emulsión asfáltica = 500 km**  
**Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km**  
**Distancia de Transporte de arena silícea = 70 km**

**Elaboración de la mezcla en Planta Asfáltica**

A - MATERIALES						Incid.:	
Arena Silícea	0,0475	tn/tn	x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52	
Cal Hidráulica hidratada	0,0095	tn/tn	x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93	
Fuel Oil 1 (70/30)	0,0000	tn/tn	x	8065,30	\$/tn = \$/tn	0,00	
Emulsión Asfáltica CRL	0,0800	tn/tn	x	6352,50	\$/tn = \$/tn	508,20	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn	x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn	x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn	x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12	
	1,03	TOTAL MATERIALES : .. = \$/tn				708,96	45,14%

B - : MANO DE OBRA							
Oficial Especializado:	1		x	198,41	\$/h = \$/h	198,41	
Oficial :	12		x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84	
Ayudante :	12		x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96	
Rendimiento:	30	COSTO HORARIO : .....= \$/h				3944,21	
		TOTAL MANO DE OBRA := \$/tn				131,47	8,37%

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales							
Arena Silícea	0,0475	tn/tn	x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56	
Cal Hidráulica hidratada	0,0095	tn/tn	x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78	
Fuel Oil 1 (70/30)	0,0000	tn/tn	x	676,00	\$/tn = \$/tn	0,00	
Emulsión Asfáltica CRL	0,0800	tn/tn	x	630,00	\$/tn = \$/tn	50,40	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn	x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn	x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn	x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21	
		TOTAL TRANSPORTE : .. = \$/tn				335,75	21,38%

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS							
Aplanadora	1		x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Camión de mantenimiento	1		x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión regador de agua	1		x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión volcador	1		x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Cargador frontal	1		x	260,93	\$/h = \$/h	260,93	
Compresor con implementos	1		x	26,09	\$/h = \$/h	26,09	
Laboratorio S°, A° y H°.	1		x	21,74	\$/h = \$/h	21,74	
Moldes y herramientas	1		x	28,99	\$/h = \$/h	28,99	
Tractor con implementos	1		x	115,58	\$/h = \$/h	115,58	
Planta asfáltica 80/100	1		x	724,80	\$/h = \$/h	724,80	
Rodillo neumático	1		x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Terminadora asfáltica	1		x	362,40	\$/h = \$/h	362,40	
Batea Volcadora 25 m3	4		x	130,46	\$/h = \$/h	521,84	
Rendimiento:	30	COSTO AMORTIZACION : .....= \$/h				2555,23	
		TOTAL AMORTIZACION := \$/tn				85,17	5,42%

E - REPARACIONES Y REPUESTOS							
Aplanadora	1		x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Camión de mantenimiento	1		x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión regador de agua	1		x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión volcador	1		x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Cargador frontal	1		x	152,21	\$/h = \$/h	152,21	
Compresor con implementos	1		x	15,22	\$/h = \$/h	15,22	
Laboratorio S°, A° y H°.	1		x	12,68	\$/h = \$/h	12,68	
Moldes y herramientas	1		x	16,91	\$/h = \$/h	16,91	
Tractor con implementos	1		x	67,42	\$/h = \$/h	67,42	
Planta asfáltica 80/100	1		x	422,80	\$/h = \$/h	422,80	
Rodillo neumático	1		x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Terminadora asfáltica	1		x	211,40	\$/h = \$/h	211,40	
Batea Volcadora 25 m3	4		x	76,10	\$/h = \$/h	304,40	
Rendimiento:	30	COSTO REPARACIONES : .....= \$/h				1490,54	
		TOTAL REPARACIONES := \$/tn				49,68	3,16%

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES							
Aplanadora	1		x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión de mantenimiento	1		x	369,75	\$/h = \$/h	369,75	
Camión regador de agua	1		x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión volcador	1		x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Cargador frontal	1		x	330,14	\$/h = \$/h	330,14	
Compresor con implementos	1		x	118,85	\$/h = \$/h	118,85	
Laboratorio S°, A° y H°.	1		x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Moldes y herramientas	1		x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Tractor con implementos	1		x	633,85	\$/h = \$/h	633,85	
Planta asfáltica 80/100	1		x	1247,91	\$/h = \$/h	1247,91	
Rodillo neumático	1		x	250,90	\$/h = \$/h	250,90	
Terminadora asfáltica	1		x	422,58	\$/h = \$/h	422,58	
Batea Volcadora 25 m3	4		x	845,14	\$/h = \$/h	3380,56	
Rendimiento:	30	COSTO COMBUSTIBLES : .....= \$/h				7784,56	
		TOTAL COMBUSTIBLES : .... = \$/tn				259,49	16,52%

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : .....						1570,52	100%
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>	1570,52	\$/tn	x	1,69		<b>= \$/tn 2.654,18</b>	

**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRIO C/EMULSIÓN CRLm**

**Distancia de Transporte de emulsión asfáltica = 100 km**  
**Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km**  
**Distancia de Transporte de arena silicea = 70 km**

**Elaboración de la mezcla en Planta Asfáltica**

A - MATERIALES						Incid.:
Arena Silicea	0,0475	tn/tn x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93	
Fuel Oil 1 (70/30)	0,0000	tn/tn x	8335,70	\$/tn = \$/tn	0,00	
Emulsión Asfáltica CRLm	0,0800	tn/tn x	7560,00	\$/tn = \$/tn	604,80	
Arena de trituracion 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12	
	1,03	TOTAL MATERIALES : .. = \$/tn			805,56	49,52%

B - MANO DE OBRA						
Oficial Especializado:	1	x	198,41	\$/h = \$/h	198,41	
Oficial :	12	x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84	
Ayudante :	12	x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96	
		COSTO HORARIO : ..... = \$/h			3944,21	
Rendimiento:	30	tn/h				
		TOTAL MANO DE OBRA := \$/tn			131,47	8,08%

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales						
Arena Silicea	0,0475	tn/tn x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78	
Fuel Oil 1 (70/30)	0,0000	tn/tn x	135,20	\$/tn = \$/tn	0,00	
Emulsión Asfáltica CRLm	0,0800	tn/tn x	126,00	\$/tn = \$/tn	10,08	
Arena de trituracion 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21	
		TOTAL TRANSPORTE : .. = \$/tn			295,43	18,16%

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS						
Aplanadora	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Camión de mantenimiento	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión regador de agua	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión volcador	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Cargador frontal	1	x	260,93	\$/h = \$/h	260,93	
Compresor con implementos	1	x	26,09	\$/h = \$/h	26,09	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	21,74	\$/h = \$/h	21,74	
Moldes y herramientas	1	x	28,99	\$/h = \$/h	28,99	
Tractor con implementos	1	x	115,58	\$/h = \$/h	115,58	
Planta asfáltica 80/100	1	x	724,80	\$/h = \$/h	724,80	
Rodillo neumático	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Terminadora asfáltica	1	x	362,40	\$/h = \$/h	362,40	
Batea Volcadora 25 m3	4	x	130,46	\$/h = \$/h	521,84	
		COSTO AMORTIZACION : ..... = \$/h			2555,23	
Rendimiento:	30	tn/h				
		TOTAL AMORTIZACION := \$/tn			85,17	5,24%

E - REPARACIONES Y REPUESTOS						
Aplanadora	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Camión de mantenimiento	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión regador de agua	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión volcador	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Cargador frontal	1	x	152,21	\$/h = \$/h	152,21	
Compresor con implementos	1	x	15,22	\$/h = \$/h	15,22	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	12,68	\$/h = \$/h	12,68	
Moldes y herramientas	1	x	16,91	\$/h = \$/h	16,91	
Tractor con implementos	1	x	67,42	\$/h = \$/h	67,42	
Planta asfáltica 80/100	1	x	422,80	\$/h = \$/h	422,80	
Rodillo neumático	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Terminadora asfáltica	1	x	211,40	\$/h = \$/h	211,40	
Batea Volcadora 25 m3	4	x	76,10	\$/h = \$/h	304,40	
		COSTO REPARACIONES : ..... = \$/h			1490,54	
Rendimiento:	30	tn/h				
		TOTAL REPARACIONES := \$/tn			49,68	3,05%

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES						
Aplanadora	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión de mantenimiento	1	x	369,75	\$/h = \$/h	369,75	
Camión regador de agua	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión volcador	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Cargador frontal	1	x	330,14	\$/h = \$/h	330,14	
Compresor con implementos	1	x	118,85	\$/h = \$/h	118,85	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Moldes y herramientas	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Tractor con implementos	1	x	633,85	\$/h = \$/h	633,85	
Planta asfáltica 80/100	1	x	1247,91	\$/h = \$/h	1247,91	
Rodillo neumático	1	x	250,90	\$/h = \$/h	250,90	
Terminadora asfáltica	1	x	422,58	\$/h = \$/h	422,58	
Batea Volcadora 25 m3	4	x	845,14	\$/h = \$/h	3380,56	
		COSTO COMBUSTIBLES : ..... = \$/h			7784,56	
Rendimiento:	30	tn/h				
		TOTAL COMBUSTIBLES : .... = \$/tn			259,49	15,95%

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : .....					1626,80	100%
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>	<b>1626,80</b>	<b>\$/tn x</b>	<b>1,69</b>	<b>= \$/tn</b>	<b>2.749,29</b>	

**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRIO C/EMULSIÓN CRLm**

**Distancia de Transporte de emulsión asfáltica = 300 km**  
**Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km**  
**Distancia de Transporte de arena silícea = 70 km**

**Elaboración de la mezcla en Planta Asfáltica**

A - MATERIALES						Incid.:	
Arena Silícea	0,0475	tn/tn	x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn	x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93	
Fuel Oil 1 (70/30)	0,0000	tn/tn	x	8335,70	\$/tn = \$/tn	0,00	
Emulsión Asfáltica CRLm	0,0800	tn/tn	x	7560,00	\$/tn = \$/tn	604,80	
Arena de trituracion 0-6 mm	0,3990	tn/tn	x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn	x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn	x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12	
	1,03	TOTAL MATERIALES : .. = \$/tn				805,56	48,91%

B - : MANO DE OBRA							
Oficial Especializado:	1		x	198,41	\$/h = \$/h	198,41	
Oficial :	12		x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84	
Ayudante :	12		x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96	
		COSTO HORARIO : .....= \$/h				3944,21	
Rendimiento:	30	tn/h		TOTAL MANO DE OBRA :.= \$/tn		131,47	7,98%

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales							
Arena Silícea	0,0475	tn/tn	x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn	x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78	
Fuel Oil 1 (70/30)	0,0000	tn/tn	x	405,60	\$/tn = \$/tn	0,00	
Emulsión Asfáltica CRLm	0,0800	tn/tn	x	378,00	\$/tn = \$/tn	30,24	
Arena de trituracion 0-6 mm	0,3990	tn/tn	x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn	x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn	x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21	
		TOTAL TRANSPORTE : .. = \$/tn				315,59	19,16%

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS							
Aplanadora	1		x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Camión de mantenimiento	1		x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión regador de agua	1		x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión volcador	1		x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Cargador frontal	1		x	260,93	\$/h = \$/h	260,93	
Compresor con implementos	1		x	26,09	\$/h = \$/h	26,09	
Laboratorio S°, A° y H°.	1		x	21,74	\$/h = \$/h	21,74	
Moldes y herramientas	1		x	28,99	\$/h = \$/h	28,99	
Tractor con implementos	1		x	115,58	\$/h = \$/h	115,58	
Planta asfáltica 80/100	1		x	724,80	\$/h = \$/h	724,80	
Rodillo neumático	1		x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Terminadora asfáltica	1		x	362,40	\$/h = \$/h	362,40	
Batea Volcadora 25 m3	4		x	130,46	\$/h = \$/h	521,84	
		COSTO AMORTIZACION : .....= \$/h				2555,23	
Rendimiento:	30	tn/h		TOTAL AMORTIZACION :.= \$/tn		85,17	5,17%

E - REPARACIONES Y REPUESTOS							
Aplanadora	1		x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Camión de mantenimiento	1		x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión regador de agua	1		x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión volcador	1		x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Cargador frontal	1		x	152,21	\$/h = \$/h	152,21	
Compresor con implementos	1		x	15,22	\$/h = \$/h	15,22	
Laboratorio S°, A° y H°.	1		x	12,68	\$/h = \$/h	12,68	
Moldes y herramientas	1		x	16,91	\$/h = \$/h	16,91	
Tractor con implementos	1		x	67,42	\$/h = \$/h	67,42	
Planta asfáltica 80/100	1		x	422,80	\$/h = \$/h	422,80	
Rodillo neumático	1		x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Terminadora asfáltica	1		x	211,40	\$/h = \$/h	211,40	
Batea Volcadora 25 m3	4		x	76,10	\$/h = \$/h	304,40	
		COSTO REPARACIONES : .....= \$/h				1490,54	
Rendimiento:	30	tn/h		TOTAL REPARACIONES :.= \$/tn		49,68	3,02%

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES							
Aplanadora	1		x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión de mantenimiento	1		x	369,75	\$/h = \$/h	369,75	
Camión regador de agua	1		x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión volcador	1		x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Cargador frontal	1		x	330,14	\$/h = \$/h	330,14	
Compresor con implementos	1		x	118,85	\$/h = \$/h	118,85	
Laboratorio S°, A° y H°.	1		x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Moldes y herramientas	1		x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Tractor con implementos	1		x	633,85	\$/h = \$/h	633,85	
Planta asfáltica 80/100	1		x	1247,91	\$/h = \$/h	1247,91	
Rodillo neumático	1		x	250,90	\$/h = \$/h	250,90	
Terminadora asfáltica	1		x	422,58	\$/h = \$/h	422,58	
Batea Volcadora 25 m3	4		x	845,14	\$/h = \$/h	3380,56	
		COSTO COMBUSTIBLES : .....= \$/h				7784,56	
Rendimiento:	30	tn/h		TOTAL COMBUSTIBLES :.... = \$/tn		259,49	15,76%

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : .....	= \$/tn	1646,96	100%
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>	<b>1646,96 \$/tn x 1,69</b>	<b>= \$/tn 2.783,36</b>	

**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRIO C/EMULSIÓN CRLm**

**Distancia de Transporte de emulsión asfáltica = 500 km**  
**Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km**  
**Distancia de Transporte de arena silicea = 70 km**

**Elaboración de la mezcla en Planta Asfáltica**

A - MATERIALES						Incid.:
Arena Silicea	0,0475	tn/tn x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93	
Fuel Oil 1 (70/30)	0,0000	tn/tn x	8065,30	\$/tn = \$/tn	0,00	
Emulsión Asfáltica CRLm	0,0800	tn/tn x	7560,00	\$/tn = \$/tn	604,80	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12	
	1,03	TOTAL MATERIALES : .. = \$/tn			805,56	48,32%

B - MANO DE OBRA						
Oficial Especializado:	1	x	198,41	\$/h = \$/h	198,41	
Oficial :	12	x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84	
Ayudante :	12	x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96	
		COSTO HORARIO : ..... = \$/h			3944,21	
Rendimiento:	30	tn/h				
		TOTAL MANO DE OBRA := \$/tn			131,47	7,89%

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales						
Arena Silicea	0,0475	tn/tn x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78	
Fuel Oil 1 (70/30)	0,0000	tn/tn x	676,00	\$/tn = \$/tn	0,00	
Emulsión Asfáltica CRLm	0,0800	tn/tn x	630,00	\$/tn = \$/tn	50,40	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21	
		TOTAL TRANSPORTE : .. = \$/tn			335,75	20,14%

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS						
Aplanadora	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Camión de mantenimiento	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión regador de agua	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión volcador	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Cargador frontal	1	x	260,93	\$/h = \$/h	260,93	
Compresor con implementos	1	x	26,09	\$/h = \$/h	26,09	
Laboratorio S°, A° y H°	1	x	21,74	\$/h = \$/h	21,74	
Moldes y herramientas	1	x	28,99	\$/h = \$/h	28,99	
Tractor con implementos	1	x	115,58	\$/h = \$/h	115,58	
Planta asfáltica 80/100	1	x	724,80	\$/h = \$/h	724,80	
Rodillo neumático	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Terminadora asfáltica	1	x	362,40	\$/h = \$/h	362,40	
Batea Volcadora 25 m3	4	x	130,46	\$/h = \$/h	521,84	
		COSTO AMORTIZACION : ..... = \$/h			2555,23	
Rendimiento:	30	tn/h				
		TOTAL AMORTIZACION := \$/tn			85,17	5,11%

E - REPARACIONES Y REPUESTOS						
Aplanadora	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Camión de mantenimiento	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión regador de agua	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión volcador	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Cargador frontal	1	x	152,21	\$/h = \$/h	152,21	
Compresor con implementos	1	x	15,22	\$/h = \$/h	15,22	
Laboratorio S°, A° y H°	1	x	12,68	\$/h = \$/h	12,68	
Moldes y herramientas	1	x	16,91	\$/h = \$/h	16,91	
Tractor con implementos	1	x	67,42	\$/h = \$/h	67,42	
Planta asfáltica 80/100	1	x	422,80	\$/h = \$/h	422,80	
Rodillo neumático	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Terminadora asfáltica	1	x	211,40	\$/h = \$/h	211,40	
Batea Volcadora 25 m3	4	x	76,10	\$/h = \$/h	304,40	
		COSTO REPARACIONES : ..... = \$/h			1490,54	
Rendimiento:	30	tn/h				
		TOTAL REPARACIONES := \$/tn			49,68	2,98%

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES						
Aplanadora	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión de mantenimiento	1	x	369,75	\$/h = \$/h	369,75	
Camión regador de agua	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión volcador	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Cargador frontal	1	x	330,14	\$/h = \$/h	330,14	
Compresor con implementos	1	x	118,85	\$/h = \$/h	118,85	
Laboratorio S°, A° y H°	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Moldes y herramientas	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Tractor con implementos	1	x	633,85	\$/h = \$/h	633,85	
Planta asfáltica 80/100	1	x	1247,91	\$/h = \$/h	1247,91	
Rodillo neumático	1	x	250,90	\$/h = \$/h	250,90	
Terminadora asfáltica	1	x	422,58	\$/h = \$/h	422,58	
Batea Volcadora 25 m3	4	x	845,14	\$/h = \$/h	3380,56	
		COSTO COMBUSTIBLES : ..... = \$/h			7784,56	
Rendimiento:	30	tn/h				
		TOTAL COMBUSTIBLES : .... = \$/tn			259,49	15,57%

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : .....					1667,12	100%
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>	<b>1667,12</b>	<b>\$/tn x</b>	<b>1,69</b>	<b>= \$/tn</b>	<b>2.817,43</b>	

**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRIO C/EMULSIÓN CRL**

Distancia de Transporte de emulsión asfáltica = 100 km

Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km

Distancia de Transporte de arena sílicea = 70 km

**Elaboración y colocación de la mezcla con Planta Ambuloperante**

A - MATERIALES						Incid.:
Arena Sílicea	0,0475	tn/tn x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93	
Emulsión Asfáltica CRL	0,0800	tn/tn x	6352,50	\$/tn = \$/tn	508,20	
Arena de trituracion 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12	
	1,03	TOTAL MATERIALES : .. = \$/tn			708,96	51,59%

B - : MANO DE OBRA						
Oficial Especializado:	1	x	198,41	\$/h = \$/h	198,41	
Oficial :	12	x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84	
Ayudante :	12	x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96	
		COSTO HORARIO : .....= \$/h			3944,21	
Rendimiento:	30	tn/h				
		TOTAL MANO DE OBRA :.= \$/tn			131,47	9,57%

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales						
Arena Sílicea	0,0475	tn/tn x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78	
Emulsión Asfáltica CRL	0,0800	tn/tn x	126,00	\$/tn = \$/tn	10,08	
Arena de trituracion 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21	
		TOTAL TRANSPORTE : .. = \$/tn			295,43	21,50%

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS						
Aplanadora	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Camión de mantenimiento	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión regador de agua	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión volcador	3	x	57,98	\$/h = \$/h	173,94	
Cargador frontal	2	x	260,93	\$/h = \$/h	521,86	
Compresor con implementos	1	x	26,09	\$/h = \$/h	26,09	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	21,74	\$/h = \$/h	21,74	
Moldes y herramientas	1	x	28,99	\$/h = \$/h	28,99	
Tractor con implementos	1	x	115,58	\$/h = \$/h	115,58	
Rodillo neumático	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Planta Ambuloperante	1	x	289,92	\$/h = \$/h	289,92	
		COSTO AMORTIZACION : .....= \$/h			1613	
Rendimiento:	30	tn/h				
		TOTAL AMORTIZACION :.= \$/tn			53,77	3,91%

E - REPARACIONES Y REPUESTOS						
Aplanadora	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Camión de mantenimiento	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión regador de agua	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión volcador	3	x	33,82	\$/h = \$/h	101,46	
Cargador frontal	2	x	152,21	\$/h = \$/h	304,42	
Compresor con implementos	1	x	15,22	\$/h = \$/h	15,22	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	12,68	\$/h = \$/h	12,68	
Moldes y herramientas	1	x	16,91	\$/h = \$/h	16,91	
Tractor con implementos	1	x	67,42	\$/h = \$/h	67,42	
Rodillo neumático	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Planta Ambuloperante	1	x	169,12	\$/h = \$/h	169,12	
		COSTO REPARACIONES : .....= \$/h			940,91	
Rendimiento:	30	tn/h				
		TOTAL REPARACIONES :.= \$/tn			31,36	2,28%

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES						
Aplanadora	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión de mantenimiento	1	x	369,75	\$/h = \$/h	369,75	
Camión regador de agua	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión volcador	3	x	343,34	\$/h = \$/h	1030,02	
Cargador frontal	2	x	330,14	\$/h = \$/h	660,28	
Compresor con implementos	1	x	118,85	\$/h = \$/h	118,85	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Moldes y herramientas	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Tractor con implementos	1	x	633,85	\$/h = \$/h	633,85	
Rodillo neumático	1	x	250,90	\$/h = \$/h	250,90	
Planta Ambuloperante	1	x	845,14	\$/h = \$/h	845,14	
		COSTO COMBUSTIBLES : .....= \$/h			4595,47	
Rendimiento:	30	tn/h				
		TOTAL COMBUSTIBLES : .... = \$/tn			153,18	11,15%

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : .....		= \$/tn			1374,17	100%
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>	<b>1374,17</b>	<b>\$/tn x</b>	<b>1,69</b>	<b>= \$/tn</b>	<b>2.322,35</b>	

**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRIO C/EMULSIÓN CRL**

Distancia de Transporte de emulsión asfáltica = 300 km

Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km

Distancia de Transporte de arena silícea = 70 km

**Elaboración y colocación de la mezcla con Planta Ambuloperante**

A - MATERIALES						Incid.:
Arena Silícea	0,0475	tn/tn x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52	
Cal Hidráulica hidratada	0,0095	tn/tn x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93	
Emulsión Asfáltica CRL	0,0800	tn/tn x	6352,50	\$/tn = \$/tn	508,20	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12	
	1,03	TOTAL MATERIALES : .. = \$/tn			708,96	50,85%

B - : MANO DE OBRA						
Oficial Especializado:	1	x	198,41	\$/h = \$/h	198,41	
Oficial :	12	x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84	
Ayudante :	12	x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96	
		COSTO HORARIO : ..... = \$/h			3944,21	
Rendimiento:	30	tn/h		TOTAL MANO DE OBRA := \$/tn	131,47	9,43%

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales						
Arena Silícea	0,0475	tn/tn x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56	
Cal Hidráulica hidratada	0,0095	tn/tn x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78	
Emulsión Asfáltica CRL	0,0800	tn/tn x	378,00	\$/tn = \$/tn	30,24	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21	
		TOTAL TRANSPORTE : .. = \$/tn			315,59	22,63%

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS						
Aplanadora	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Camión de mantenimiento	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión regador de agua	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión volcador	3	x	57,98	\$/h = \$/h	173,94	
Cargador frontal	2	x	260,93	\$/h = \$/h	521,86	
Compresor con implementos	1	x	26,09	\$/h = \$/h	26,09	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	21,74	\$/h = \$/h	21,74	
Moldes y herramientas	1	x	28,99	\$/h = \$/h	28,99	
Tractor con implementos	1	x	115,58	\$/h = \$/h	115,58	
Rodillo neumático	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Planta Ambuloperante	1	x	289,92	\$/h = \$/h	289,92	
		COSTO AMORTIZACION : ..... = \$/h			1613	
Rendimiento:	30	tn/h		TOTAL AMORTIZACION := \$/tn	53,77	3,86%

E - REPARACIONES Y REPUESTOS						
Aplanadora	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Camión de mantenimiento	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión regador de agua	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión volcador	3	x	33,82	\$/h = \$/h	101,46	
Cargador frontal	2	x	152,21	\$/h = \$/h	304,42	
Compresor con implementos	1	x	15,22	\$/h = \$/h	15,22	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	12,68	\$/h = \$/h	12,68	
Moldes y herramientas	1	x	16,91	\$/h = \$/h	16,91	
Tractor con implementos	1	x	67,42	\$/h = \$/h	67,42	
Rodillo neumático	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Planta Ambuloperante	1	x	169,12	\$/h = \$/h	169,12	
		COSTO REPARACIONES : ..... = \$/h			940,91	
Rendimiento:	30	tn/h		TOTAL REPARACIONES := \$/tn	31,36	2,25%

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES						
Aplanadora	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión de mantenimiento	1	x	369,75	\$/h = \$/h	369,75	
Camión regador de agua	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión volcador	3	x	343,34	\$/h = \$/h	1030,02	
Cargador frontal	2	x	330,14	\$/h = \$/h	660,28	
Compresor con implementos	1	x	118,85	\$/h = \$/h	118,85	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Moldes y herramientas	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Tractor con implementos	1	x	633,85	\$/h = \$/h	633,85	
Rodillo neumático	1	x	250,90	\$/h = \$/h	250,90	
Planta Ambuloperante	1	x	845,14	\$/h = \$/h	845,14	
		COSTO COMBUSTIBLES : ..... = \$/h			4595,47	
Rendimiento:	30	tn/h		TOTAL COMBUSTIBLES : .... = \$/tn	153,18	10,99%

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : .....					1394,33	100%
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>	1394,33	\$/tn x	1,69	<b>= \$/tn</b>	<b>2.356,42</b>	

**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRIO C/EMULSIÓN CRL**

Distancia de Transporte de emulsión asfáltica = 500 km

Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km

Distancia de Transporte de arena sílicea = 70 km

**Elaboración y colocación de la mezcla con Planta Ambuloperante**

A - MATERIALES						Incid.:
Arena Sílicea	0,0475	tn/tn x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93	
Emulsión Asfáltica CRL	0,0800	tn/tn x	6352,50	\$/tn = \$/tn	508,20	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12	
	1,03	TOTAL MATERIALES : .. = \$/tn			708,96	50,12%

B - : MANO DE OBRA						
Oficial Especializado:	1	x	198,41	\$/h = \$/h	198,41	
Oficial :	12	x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84	
Ayudante :	12	x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96	
Rendimiento:	30	tn/h		COSTO HORARIO : ..... = \$/h	3944,21	
		TOTAL MANO DE OBRA :. = \$/tn			131,47	9,29%

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales						
Arena Sílicea	0,0475	tn/tn x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78	
Emulsión Asfáltica CRL	0,0800	tn/tn x	630,00	\$/tn = \$/tn	50,40	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21	
		TOTAL TRANSPORTE : .. = \$/tn			335,75	23,74%

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS						
Aplanadora	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Camión de mantenimiento	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión regador de agua	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión volcador	3	x	57,98	\$/h = \$/h	173,94	
Cargador frontal	2	x	260,93	\$/h = \$/h	521,86	
Compresor con implementos	1	x	26,09	\$/h = \$/h	26,09	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	21,74	\$/h = \$/h	21,74	
Moldes y herramientas	1	x	28,99	\$/h = \$/h	28,99	
Tractor con implementos	1	x	115,58	\$/h = \$/h	115,58	
Rodillo neumático	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Planta Ambuloperante	1	x	289,92	\$/h = \$/h	289,92	
Rendimiento:	30	tn/h		COSTO AMORTIZACION : ..... = \$/h	1613	
		TOTAL AMORTIZACION :. = \$/tn			53,77	3,80%

E - REPARACIONES Y REPUESTOS						
Aplanadora	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Camión de mantenimiento	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión regador de agua	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión volcador	3	x	33,82	\$/h = \$/h	101,46	
Cargador frontal	2	x	152,21	\$/h = \$/h	304,42	
Compresor con implementos	1	x	15,22	\$/h = \$/h	15,22	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	12,68	\$/h = \$/h	12,68	
Moldes y herramientas	1	x	16,91	\$/h = \$/h	16,91	
Tractor con implementos	1	x	67,42	\$/h = \$/h	67,42	
Rodillo neumático	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Planta Ambuloperante	1	x	169,12	\$/h = \$/h	169,12	
Rendimiento:	30	tn/h		COSTO REPARACIONES : ..... = \$/h	940,91	
		TOTAL REPARACIONES :. = \$/tn			31,36	2,22%

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES						
Aplanadora	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión de mantenimiento	1	x	369,75	\$/h = \$/h	369,75	
Camión regador de agua	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión volcador	3	x	343,34	\$/h = \$/h	1030,02	
Cargador frontal	2	x	330,14	\$/h = \$/h	660,28	
Compresor con implementos	1	x	118,85	\$/h = \$/h	118,85	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Moldes y herramientas	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Tractor con implementos	1	x	633,85	\$/h = \$/h	633,85	
Rodillo neumático	1	x	250,90	\$/h = \$/h	250,90	
Planta Ambuloperante	1	x	845,14	\$/h = \$/h	845,14	
Rendimiento:	30	tn/h		COSTO COMBUSTIBLES : ..... = \$/h	4595,47	
		TOTAL COMBUSTIBLES : .... = \$/tn			153,18	10,83%

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : .....	= \$/tn	1414,49	100%
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>	1414,49 \$/tn x 1,69	<b>= \$/tn 2.390,49</b>	

**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRIO C/EMULSIÓN CRLm**

Distancia de Transporte de emulsión asfáltica = 100 km

Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km

Distancia de Transporte de arena silícea = 70 km

**Elaboración y colocación de la mezcla con Planta Ambuloperante**

A - MATERIALES						Incid.:
Arena Silícea	0,0475	tn/tn x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93	
Emulsión Asfáltica CRLm	0,0800	tn/tn x	7560,00	\$/tn = \$/tn	604,80	
Arena de trituracion 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12	
	1,03		TOTAL MATERIALES : .. = \$/tn		805,56	54,77%

B - : MANO DE OBRA						
Oficial Especializado:	1	x	198,41	\$/h = \$/h	198,41	
Oficial :	12	x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84	
Ayudante :	12	x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96	
			COSTO HORARIO : .....= \$/h		3944,21	
Rendimiento:	30		tn/h		TOTAL MANO DE OBRA := \$/tn	131,47
						8,94%

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales						
Arena Silícea	0,0475	tn/tn x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78	
Emulsión Asfáltica CRLm	0,0800	tn/tn x	126,00	\$/tn = \$/tn	10,08	
Arena de trituracion 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21	
			TOTAL TRANSPORTE : .. = \$/tn		295,43	20,09%

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS						
Aplanadora	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Camión de mantenimiento	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión regador de agua	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión volcador	3	x	57,98	\$/h = \$/h	173,94	
Cargador frontal	2	x	260,93	\$/h = \$/h	521,86	
Compresor con implementos	1	x	26,09	\$/h = \$/h	26,09	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	21,74	\$/h = \$/h	21,74	
Moldes y herramientas	1	x	28,99	\$/h = \$/h	28,99	
Tractor con implementos	1	x	115,58	\$/h = \$/h	115,58	
Rodillo neumático	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Planta Ambuloperante	1	x	289,92	\$/h = \$/h	289,92	
			COSTO AMORTIZACION : .....= \$/h		1613	
Rendimiento:	30		tn/h		TOTAL AMORTIZACION := \$/tn	53,77
						3,66%

E - REPARACIONES Y REPUESTOS						
Aplanadora	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Camión de mantenimiento	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión regador de agua	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión volcador	3	x	33,82	\$/h = \$/h	101,46	
Cargador frontal	2	x	152,21	\$/h = \$/h	304,42	
Compresor con implementos	1	x	15,22	\$/h = \$/h	15,22	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	12,68	\$/h = \$/h	12,68	
Moldes y herramientas	1	x	16,91	\$/h = \$/h	16,91	
Tractor con implementos	1	x	67,42	\$/h = \$/h	67,42	
Rodillo neumático	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Planta Ambuloperante	1	x	169,12	\$/h = \$/h	169,12	
			COSTO REPARACIONES : .....= \$/h		940,91	
Rendimiento:	30		tn/h		TOTAL REPARACIONES := \$/tn	31,36
						2,13%

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES						
Aplanadora	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión de mantenimiento	1	x	369,75	\$/h = \$/h	369,75	
Camión regador de agua	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión volcador	3	x	343,34	\$/h = \$/h	1030,02	
Cargador frontal	2	x	330,14	\$/h = \$/h	660,28	
Compresor con implementos	1	x	118,85	\$/h = \$/h	118,85	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Moldes y herramientas	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Tractor con implementos	1	x	633,85	\$/h = \$/h	633,85	
Rodillo neumático	1	x	250,90	\$/h = \$/h	250,90	
Planta Ambuloperante	1	x	845,14	\$/h = \$/h	845,14	
			COSTO COMBUSTIBLES : .....= \$/h		4595,47	
Rendimiento:	30		tn/h		TOTAL COMBUSTIBLES : .... = \$/tn	153,18
						10,41%

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : .....					1470,77	100%
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>	<b>1470,77</b>	<b>\$/tn x</b>	<b>1,69</b>	<b>= \$/tn</b>	<b>2.485,60</b>	



**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRIO C/EMULSIÓN CRLm**

Distancia de Transporte de emulsión asfáltica = 500 km

Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km

Distancia de Transporte de arena sílicea = 70 km

**Elaboración y colocación de la mezcla con Planta Ambuloperante**

A - MATERIALES						Incid.:
Arena Sílicea	0,0475	tn/tn x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93	
Emulsión Asfáltica CRLm	0,0800	tn/tn x	7560,00	\$/tn = \$/tn	604,80	
Arena de trituracion 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12	
	1,03		TOTAL MATERIALES : .. = \$/tn		805,56	53,31%

B - : MANO DE OBRA						
Oficial Especializado:	1	x	198,41	\$/h = \$/h	198,41	
Oficial :	12	x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84	
Ayudante :	12	x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96	
Rendimiento:	30		COSTO HORARIO : ..... = \$/h		3944,21	
			tn/h			
			TOTAL MANO DE OBRA : := \$/tn		131,47	8,70%

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales						
Arena Sílicea	0,0475	tn/tn x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78	
Emulsión Asfáltica CRLm	0,0800	tn/tn x	630,00	\$/tn = \$/tn	50,40	
Arena de trituracion 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21	
			TOTAL TRANSPORTE : .. = \$/tn		335,75	22,22%

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS						
Aplanadora	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Camión de mantenimiento	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión regador de agua	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión volcador	3	x	57,98	\$/h = \$/h	173,94	
Cargador frontal	2	x	260,93	\$/h = \$/h	521,86	
Compresor con implementos	1	x	26,09	\$/h = \$/h	26,09	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	21,74	\$/h = \$/h	21,74	
Moldes y herramientas	1	x	28,99	\$/h = \$/h	28,99	
Tractor con implementos	1	x	115,58	\$/h = \$/h	115,58	
Rodillo neumático	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Planta Ambuloperante	1	x	289,92	\$/h = \$/h	289,92	
Rendimiento:	30		COSTO AMORTIZACION : ..... = \$/h		1613	
			tn/h			
			TOTAL AMORTIZACION : := \$/tn		53,77	3,56%

E - REPARACIONES Y REPUESTOS						
Aplanadora	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Camión de mantenimiento	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión regador de agua	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión volcador	3	x	33,82	\$/h = \$/h	101,46	
Cargador frontal	2	x	152,21	\$/h = \$/h	304,42	
Compresor con implementos	1	x	15,22	\$/h = \$/h	15,22	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	12,68	\$/h = \$/h	12,68	
Moldes y herramientas	1	x	16,91	\$/h = \$/h	16,91	
Tractor con implementos	1	x	67,42	\$/h = \$/h	67,42	
Rodillo neumático	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Planta Ambuloperante	1	x	169,12	\$/h = \$/h	169,12	
Rendimiento:	30		COSTO REPARACIONES : ..... = \$/h		940,91	
			tn/h			
			TOTAL REPARACIONES : := \$/tn		31,36	2,08%

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES						
Aplanadora	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión de mantenimiento	1	x	369,75	\$/h = \$/h	369,75	
Camión regador de agua	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión volcador	3	x	343,34	\$/h = \$/h	1030,02	
Cargador frontal	2	x	330,14	\$/h = \$/h	660,28	
Compresor con implementos	1	x	118,85	\$/h = \$/h	118,85	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Moldes y herramientas	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Tractor con implementos	1	x	633,85	\$/h = \$/h	633,85	
Rodillo neumático	1	x	250,90	\$/h = \$/h	250,90	
Planta Ambuloperante	1	x	845,14	\$/h = \$/h	845,14	
Rendimiento:	30		COSTO COMBUSTIBLES : ..... = \$/h		4595,47	
			tn/h			
			TOTAL COMBUSTIBLES : .... = \$/tn		153,18	10,14%

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : .....					1511,09	100%
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>	<b>1511,09</b>	<b>\$/tn x</b>	<b>1,69</b>	<b>= \$/tn</b>	<b>2.553,74</b>	

**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRIO C/EMULSIÓN CRL**

Distancia de Transporte de emulsión asfáltica = 100 km  
 Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km  
 Distancia de Transporte de arena silícea = 70 km  
**Elaboración en Planta Dosificadora de H°**

A - MATERIALES						Incid.:	
Arena Silícea	0,0475	tn/tn	x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52	
Cal Hidráulica hidratada	0,0095	tn/tn	x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93	
Emulsión Asfáltica CRL	0,0800	tn/tn	x	6352,50	\$/tn = \$/tn	508,20	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn	x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn	x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn	x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12	
	1,03	TOTAL MATERIALES : ... = \$/tn				708,96	48,21%

B - MANO DE OBRA							
Oficial Especializado:	1	x		198,41	\$/h = \$/h	198,41	
Oficial :	12	x		169,07	\$/h = \$/h	2028,84	
Ayudante :	12	x		143,08	\$/h = \$/h	1716,96	
				COSTO HORARIO : ..... = \$/h		3944,21	
Rendimiento:	30	tn/h		TOTAL MANO DE OBRA := \$/tn		98,61	6,71%

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales							
Arena Silícea	0,0475	tn/tn	x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56	
Cal Hidráulica hidratada	0,0095	tn/tn	x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78	
Emulsión Asfáltica CRL	0,0800	tn/tn	x	126,00	\$/tn = \$/tn	10,08	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn	x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn	x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn	x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21	
		TOTAL TRANSPORTE : ... = \$/tn				295,43	20,09%

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS							
Aplanadora	1	x		159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Camión de mantenimiento	1	x		57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión regador de agua	1	x		57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión volcador	1	x		57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Cargador frontal	1	x		260,93	\$/h = \$/h	260,93	
Compresor con implementos	1	x		26,09	\$/h = \$/h	26,09	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x		21,74	\$/h = \$/h	21,74	
Moldes y herramientas	1	x		28,99	\$/h = \$/h	28,99	
Tractor con implementos	1	x		115,58	\$/h = \$/h	115,58	
Planta Dosificadora de H° p/mixer 25 a 35 m3 80 HP	1	x		91,43	\$/h = \$/h	91,43	
Rodillo neumático	1	x		159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Terminadora asfáltica	1	x		362,40	\$/h = \$/h	362,40	
Motomixer 6 m3 330 HP	4	x		153,76	\$/h = \$/h	615,04	
		COSTO AMORTIZACION : ..... = \$/h				2015,06	
Rendimiento:	30	tn/h		TOTAL AMORTIZACION := \$/tn		67,17	4,57%

E - REPARACIONES Y REPUESTOS							
Aplanadora	1	x		93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Camión de mantenimiento	1	x		33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión regador de agua	1	x		33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión volcador	1	x		33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Cargador frontal	1	x		152,21	\$/h = \$/h	152,21	
Compresor con implementos	1	x		15,22	\$/h = \$/h	15,22	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x		12,68	\$/h = \$/h	12,68	
Moldes y herramientas	1	x		16,91	\$/h = \$/h	16,91	
Tractor con implementos	1	x		67,42	\$/h = \$/h	67,42	
Planta Dosificadora de H° p/mixer 25 a 35 m3 80 HP	1	x		73,14	\$/h = \$/h	73,14	
Rodillo neumático	1	x		93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Terminadora asfáltica	1	x		211,40	\$/h = \$/h	211,40	
Motomixer 6 m3 330 HP	4	x		123,01	\$/h = \$/h	492,04	
		COSTO REPARACIONES : ..... = \$/h				1328,52	
Rendimiento:	30	tn/h		TOTAL REPARACIONES := \$/tn		44,28	3,01%

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES							
Aplanadora	1	x		343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión de mantenimiento	1	x		369,75	\$/h = \$/h	369,75	
Camión regador de agua	1	x		343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión volcador	1	x		343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Cargador frontal	1	x		330,14	\$/h = \$/h	330,14	
Compresor con implementos	1	x		118,85	\$/h = \$/h	118,85	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x		0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Moldes y herramientas	1	x		0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Tractor con implementos	1	x		633,85	\$/h = \$/h	633,85	
Planta Dosificadora de H° p/mixer 25 a 35 m3 80 HP	1	x		258,58	\$/h = \$/h	258,58	
Rodillo neumático	1	x		250,90	\$/h = \$/h	250,90	
Terminadora asfáltica	1	x		422,58	\$/h = \$/h	422,58	
Motomixer 6 m3 330 HP	4	x		1066,66	\$/h = \$/h	4266,64	
		COSTO COMBUSTIBLES : ..... = \$/h				7681,31	
Rendimiento:	30	tn/h		TOTAL COMBUSTIBLES : .... = \$/tn		256,04	17,41%

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : .....	= \$/tn	1470,50	100%
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>	<b>1470,50 \$/tn x 1,69 = \$/tn</b>	<b>2.485,14</b>	

**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRIO C/EMULSIÓN CRL**

Distancia de Transporte de emulsión asfáltica = 300 km  
 Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km  
 Distancia de Transporte de arena silicea = 70 km  
 Elaboración en Planta Dosificadora de H°

A - MATERIALES						Incid.:
Arena Silicea	0,0475	tn/tn x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93	
Emulsión Asfáltica CRL	0,0800	tn/tn x	6352,50	\$/tn = \$/tn	508,20	
Arena de trituracion 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12	
	1,03		TOTAL MATERIALES : .. = \$/tn		708,96	47,56%

B - MANO DE OBRA						
Oficial Especializado:	1	x	198,41	\$/h = \$/h	198,41	
Oficial :	12	x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84	
Ayudante :	12	x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96	
			COSTO HORARIO : ..... = \$/h		3944,21	
Rendimiento:	30	tn/h	TOTAL MANO DE OBRA :. = \$/tn		98,61	6,62%

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales						
Arena Silicea	0,0475	tn/tn x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78	
Emulsión Asfáltica CRL	0,0800	tn/tn x	378,00	\$/tn = \$/tn	30,24	
Arena de trituracion 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21	
			TOTAL TRANSPORTE : .. = \$/tn		315,59	21,17%

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS						
Aplanadora	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Camión de mantenimiento	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión regador de agua	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión volcador	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Cargador frontal	1	x	260,93	\$/h = \$/h	260,93	
Compresor con implementos	1	x	26,09	\$/h = \$/h	26,09	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	21,74	\$/h = \$/h	21,74	
Moldes y herramientas	1	x	28,99	\$/h = \$/h	28,99	
Tractor con implementos	1	x	115,58	\$/h = \$/h	115,58	
Planta Dosificadora de H° p/mixer 25 a 35 m3 80 HP	1	x	91,43	\$/h = \$/h	91,43	
Rodillo neumático	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Terminadora asfáltica	1	x	362,40	\$/h = \$/h	362,40	
Motomixer 6 m3 330 HP	4	x	153,76	\$/h = \$/h	615,04	
			COSTO AMORTIZACION : ..... = \$/h		2015,06	
Rendimiento:	30	tn/h	TOTAL AMORTIZACION :. = \$/tn		67,17	4,51%

E - REPARACIONES Y REPUESTOS						
Aplanadora	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Camión de mantenimiento	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión regador de agua	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión volcador	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Cargador frontal	1	x	152,21	\$/h = \$/h	152,21	
Compresor con implementos	1	x	15,22	\$/h = \$/h	15,22	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	12,68	\$/h = \$/h	12,68	
Moldes y herramientas	1	x	16,91	\$/h = \$/h	16,91	
Tractor con implementos	1	x	67,42	\$/h = \$/h	67,42	
Planta Dosificadora de H° p/mixer 25 a 35 m3 80 HP	1	x	73,14	\$/h = \$/h	73,14	
Rodillo neumático	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Terminadora asfáltica	1	x	211,40	\$/h = \$/h	211,40	
Motomixer 6 m3 330 HP	4	x	123,01	\$/h = \$/h	492,04	
			COSTO REPARACIONES : ..... = \$/h		1328,52	
Rendimiento:	30	tn/h	TOTAL REPARACIONES :. = \$/tn		44,28	2,97%

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES						
Aplanadora	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión de mantenimiento	1	x	369,75	\$/h = \$/h	369,75	
Camión regador de agua	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión volcador	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Cargador frontal	1	x	330,14	\$/h = \$/h	330,14	
Compresor con implementos	1	x	118,85	\$/h = \$/h	118,85	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Moldes y herramientas	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Tractor con implementos	1	x	633,85	\$/h = \$/h	633,85	
Planta Dosificadora de H° p/mixer 25 a 35 m3 80 HP	1	x	258,58	\$/h = \$/h	258,58	
Rodillo neumático	1	x	250,90	\$/h = \$/h	250,90	
Terminadora asfáltica	1	x	422,58	\$/h = \$/h	422,58	
Motomixer 6 m3 330 HP	4	x	1066,66	\$/h = \$/h	4266,64	
			COSTO COMBUSTIBLES : ..... = \$/h		7681,31	
Rendimiento:	30	tn/h	TOTAL COMBUSTIBLES : .... = \$/tn		256,04	17,18%

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : .....					1490,66	100%
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>	<b>1490,66</b>	<b>\$/tn x</b>	<b>1,69</b>	<b>= \$/tn</b>	<b>2.519,21</b>	

**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRIO C/EMULSIÓN CRL**

Distancia de Transporte de emulsión asfáltica = 500 km  
 Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km  
 Distancia de Transporte de arena silícea = 70 km  
 Elaboración en Planta Dosificadora de H°

A - MATERIALES						Incid.:
Arena Silícea	0,0475	tn/tn	x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52
Cal Hidráulica hidratada	0,0095	tn/tn	x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93
Emulsión Asfáltica CRL	0,0800	tn/tn	x	6352,50	\$/tn = \$/tn	508,20
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn	x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn	x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn	x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12
1,03 TOTAL MATERIALES : .. = \$/tn						708,96

B - MANO DE OBRA						Incid.:
Oficial Especializado:	1		x	198,41	\$/h = \$/h	198,41
Oficial :	12		x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84
Ayudante :	12		x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96
COSTO HORARIO : .....= \$/h						3944,21
Rendimiento:	30		tn/h			
TOTAL MANO DE OBRA := \$/tn						98,61

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales						Incid.:
Arena Silícea	0,0475	tn/tn	x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56
Cal Hidráulica hidratada	0,0095	tn/tn	x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78
Emulsión Asfáltica CRL	0,0800	tn/tn	x	630,00	\$/tn = \$/tn	50,40
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn	x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn	x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn	x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21
TOTAL TRANSPORTE : .. = \$/tn						335,75

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS						Incid.:
Aplanadora	1		x	159,46	\$/h = \$/h	159,46
Camión de mantenimiento	1		x	57,98	\$/h = \$/h	57,98
Camión regador de agua	1		x	57,98	\$/h = \$/h	57,98
Camión volcador	1		x	57,98	\$/h = \$/h	57,98
Cargador frontal	1		x	260,93	\$/h = \$/h	260,93
Compresor con implementos	1		x	26,09	\$/h = \$/h	26,09
Laboratorio S°, A° y H°.	1		x	21,74	\$/h = \$/h	21,74
Moldes y herramientas	1		x	28,99	\$/h = \$/h	28,99
Tractor con implementos	1		x	115,58	\$/h = \$/h	115,58
Planta Dosificadora de H° p/mixer 25 a 35 m3 80 HP	1		x	91,43	\$/h = \$/h	91,43
Rodillo neumático	1		x	159,46	\$/h = \$/h	159,46
Terminadora asfáltica	1		x	362,40	\$/h = \$/h	362,40
Motomixer 6 m3 330 HP	4		x	153,76	\$/h = \$/h	615,04
COSTO AMORTIZACION : .....= \$/h						2015,06
Rendimiento:	30		tn/h			
TOTAL AMORTIZACION := \$/tn						67,17

E - REPARACIONES Y REPUESTOS						Incid.:
Aplanadora	1		x	93,02	\$/h = \$/h	93,02
Camión de mantenimiento	1		x	33,82	\$/h = \$/h	33,82
Camión regador de agua	1		x	33,82	\$/h = \$/h	33,82
Camión volcador	1		x	33,82	\$/h = \$/h	33,82
Cargador frontal	1		x	152,21	\$/h = \$/h	152,21
Compresor con implementos	1		x	15,22	\$/h = \$/h	15,22
Laboratorio S°, A° y H°.	1		x	12,68	\$/h = \$/h	12,68
Moldes y herramientas	1		x	16,91	\$/h = \$/h	16,91
Tractor con implementos	1		x	67,42	\$/h = \$/h	67,42
Planta Dosificadora de H° p/mixer 25 a 35 m3 80 HP	1		x	73,14	\$/h = \$/h	73,14
Rodillo neumático	1		x	93,02	\$/h = \$/h	93,02
Terminadora asfáltica	1		x	211,40	\$/h = \$/h	211,40
Motomixer 6 m3 330 HP	4		x	123,01	\$/h = \$/h	492,04
COSTO REPARACIONES : .....= \$/h						1328,52
Rendimiento:	30		tn/h			
TOTAL REPARACIONES := \$/tn						44,28

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES						Incid.:
Aplanadora	1		x	343,34	\$/h = \$/h	343,34
Camión de mantenimiento	1		x	369,75	\$/h = \$/h	369,75
Camión regador de agua	1		x	343,34	\$/h = \$/h	343,34
Camión volcador	1		x	343,34	\$/h = \$/h	343,34
Cargador frontal	1		x	330,14	\$/h = \$/h	330,14
Compresor con implementos	1		x	118,85	\$/h = \$/h	118,85
Laboratorio S°, A° y H°.	1		x	0,00	\$/h = \$/h	0,00
Moldes y herramientas	1		x	0,00	\$/h = \$/h	0,00
Tractor con implementos	1		x	633,85	\$/h = \$/h	633,85
Planta Dosificadora de H° p/mixer 25 a 35 m3 80 HP	1		x	258,58	\$/h = \$/h	258,58
Rodillo neumático	1		x	250,90	\$/h = \$/h	250,90
Terminadora asfáltica	1		x	422,58	\$/h = \$/h	422,58
Motomixer 6 m3 330 HP	4		x	1066,66	\$/h = \$/h	4266,64
COSTO COMBUSTIBLES : .....= \$/h						7681,31
Rendimiento:	30		tn/h			
TOTAL COMBUSTIBLES : .... = \$/tn						256,04

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : ..... = \$/tn						1510,82
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>						<b>1510,82 \$/tn x 1,69 = \$/tn 2.553,28</b>

**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRIO C/EMULSIÓN CRLm**

Distancia de Transporte de emulsión asfáltica = 100 km  
 Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km  
 Distancia de Transporte de arena silícea = 70 km  
 Elaboración en Planta Dosificadora de H°

A - MATERIALES						Incid.:
Arena Silícea	0,0475	tn/tn x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93	
Emulsión Asfáltica CRLm	0,0800	tn/tn x	7560,00	\$/tn = \$/tn	604,80	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12	
	1,03		TOTAL MATERIALES : .. = \$/tn		805,56	51,40%

B - MANO DE OBRA						
Oficial Especializado:	1	x	198,41	\$/h = \$/h	198,41	
Oficial :	12	x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84	
Ayudante :	12	x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96	
			COSTO HORARIO : .....= \$/h		3944,21	
Rendimiento:	30	tn/h	TOTAL MANO DE OBRA := \$/tn		98,61	6,29%

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales						
Arena Silícea	0,0475	tn/tn x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78	
Emulsión Asfáltica CRLm	0,0800	tn/tn x	126,00	\$/tn = \$/tn	10,08	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21	
			TOTAL TRANSPORTE : .. = \$/tn		295,43	18,85%

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS						
Aplanadora	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Camión de mantenimiento	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión regador de agua	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión volcador	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Cargador frontal	1	x	260,93	\$/h = \$/h	260,93	
Compresor con implementos	1	x	26,09	\$/h = \$/h	26,09	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	21,74	\$/h = \$/h	21,74	
Moldes y herramientas	1	x	28,99	\$/h = \$/h	28,99	
Tractor con implementos	1	x	115,58	\$/h = \$/h	115,58	
Planta Dosificadora de H° p/mixer 25 a 35 m3 80 HP	1	x	91,43	\$/h = \$/h	91,43	
Rodillo neumático	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Terminadora asfáltica	1	x	362,40	\$/h = \$/h	362,40	
Motomixer 6 m3 330 HP	4	x	153,76	\$/h = \$/h	615,04	
			COSTO AMORTIZACION : .....= \$/h		2015,06	
Rendimiento:	30	tn/h	TOTAL AMORTIZACION := \$/tn		67,17	4,29%

E - REPARACIONES Y REPUESTOS						
Aplanadora	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Camión de mantenimiento	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión regador de agua	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión volcador	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Cargador frontal	1	x	152,21	\$/h = \$/h	152,21	
Compresor con implementos	1	x	15,22	\$/h = \$/h	15,22	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	12,68	\$/h = \$/h	12,68	
Moldes y herramientas	1	x	16,91	\$/h = \$/h	16,91	
Tractor con implementos	1	x	67,42	\$/h = \$/h	67,42	
Planta Dosificadora de H° p/mixer 25 a 35 m3 80 HP	1	x	73,14	\$/h = \$/h	73,14	
Rodillo neumático	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Terminadora asfáltica	1	x	211,40	\$/h = \$/h	211,40	
Motomixer 6 m3 330 HP	4	x	123,01	\$/h = \$/h	492,04	
			COSTO REPARACIONES : .....= \$/h		1328,52	
Rendimiento:	30	tn/h	TOTAL REPARACIONES := \$/tn		44,28	2,83%

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES						
Aplanadora	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión de mantenimiento	1	x	369,75	\$/h = \$/h	369,75	
Camión regador de agua	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión volcador	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Cargador frontal	1	x	330,14	\$/h = \$/h	330,14	
Compresor con implementos	1	x	118,85	\$/h = \$/h	118,85	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Moldes y herramientas	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Tractor con implementos	1	x	633,85	\$/h = \$/h	633,85	
Planta Dosificadora de H° p/mixer 25 a 35 m3 80 HP	1	x	258,58	\$/h = \$/h	258,58	
Rodillo neumático	1	x	250,90	\$/h = \$/h	250,90	
Terminadora asfáltica	1	x	422,58	\$/h = \$/h	422,58	
Motomixer 6 m3 330 HP	4	x	1066,66	\$/h = \$/h	4266,64	
			COSTO COMBUSTIBLES : .....= \$/h		7681,31	
Rendimiento:	30	tn/h	TOTAL COMBUSTIBLES : .....= \$/tn		256,04	16,34%

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : .....					1567,10	100%
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>	<b>1567,10</b>	<b>\$/tn x</b>	<b>1,69</b>	<b>= \$/tn</b>	<b>2.648,39</b>	

**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRIO C/EMULSIÓN CRLm**

Distancia de Transporte de emulsión asfáltica = 300 km  
 Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km  
 Distancia de Transporte de arena silícea = 70 km  
**Elaboración en Planta Dosificadora de H°**

A - MATERIALES						Incid.:	
Arena Silícea	0,0475	tn/tn	x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn	x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93	
Emulsión Asfáltica CRLm	0,0800	tn/tn	x	7560,00	\$/tn = \$/tn	604,80	
Arena de trituracion 0-6 mm	0,3990	tn/tn	x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn	x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn	x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12	
	1,03	TOTAL MATERIALES : ... = \$/tn				805,56	50,75%

B - MANO DE OBRA							
Oficial Especializado:	1		x	198,41	\$/h = \$/h	198,41	
Oficial :	12		x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84	
Ayudante :	12		x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96	
		COSTO HORARIO : ..... = \$/h				3944,21	
Rendimiento:	30	tn/h					
		TOTAL MANO DE OBRA := \$/tn				98,61	6,21%

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales							
Arena Silícea	0,0475	tn/tn	x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn	x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78	
Emulsión Asfáltica CRLm	0,0800	tn/tn	x	378,00	\$/tn = \$/tn	30,24	
Arena de trituracion 0-6 mm	0,3990	tn/tn	x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn	x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn	x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21	
		TOTAL TRANSPORTE : ... = \$/tn				315,59	19,88%

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS							
Aplanadora	1		x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Camión de mantenimiento	1		x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión regador de agua	1		x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión volcador	1		x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Cargador frontal	1		x	260,93	\$/h = \$/h	260,93	
Compresor con implementos	1		x	26,09	\$/h = \$/h	26,09	
Laboratorio S°, A° y H°.	1		x	21,74	\$/h = \$/h	21,74	
Moldes y herramientas	1		x	28,99	\$/h = \$/h	28,99	
Tractor con implementos	1		x	115,58	\$/h = \$/h	115,58	
Planta Dosificadora de H° p/mixer 25 a 35 m3 80 HP	1		x	91,43	\$/h = \$/h	91,43	
Rodillo neumático	1		x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Terminadora asfáltica	1		x	362,40	\$/h = \$/h	362,40	
Motomixer 6 m3 330 HP	4		x	153,76	\$/h = \$/h	615,04	
		COSTO AMORTIZACION : ..... = \$/h				2015,06	
Rendimiento:	30	tn/h					
		TOTAL AMORTIZACION := \$/tn				67,17	4,23%

E - REPARACIONES Y REPUESTOS							
Aplanadora	1		x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Camión de mantenimiento	1		x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión regador de agua	1		x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión volcador	1		x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Cargador frontal	1		x	152,21	\$/h = \$/h	152,21	
Compresor con implementos	1		x	15,22	\$/h = \$/h	15,22	
Laboratorio S°, A° y H°.	1		x	12,68	\$/h = \$/h	12,68	
Moldes y herramientas	1		x	16,91	\$/h = \$/h	16,91	
Tractor con implementos	1		x	67,42	\$/h = \$/h	67,42	
Planta Dosificadora de H° p/mixer 25 a 35 m3 80 HP	1		x	73,14	\$/h = \$/h	73,14	
Rodillo neumático	1		x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Terminadora asfáltica	1		x	211,40	\$/h = \$/h	211,40	
Motomixer 6 m3 330 HP	4		x	123,01	\$/h = \$/h	492,04	
		COSTO REPARACIONES : ..... = \$/h				1328,52	
Rendimiento:	30	tn/h					
		TOTAL REPARACIONES := \$/tn				44,28	2,79%

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES							
Aplanadora	1		x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión de mantenimiento	1		x	369,75	\$/h = \$/h	369,75	
Camión regador de agua	1		x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión volcador	1		x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Cargador frontal	1		x	330,14	\$/h = \$/h	330,14	
Compresor con implementos	1		x	118,85	\$/h = \$/h	118,85	
Laboratorio S°, A° y H°.	1		x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Moldes y herramientas	1		x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Tractor con implementos	1		x	633,85	\$/h = \$/h	633,85	
Planta Dosificadora de H° p/mixer 25 a 35 m3 80 HP	1		x	258,58	\$/h = \$/h	258,58	
Rodillo neumático	1		x	250,90	\$/h = \$/h	250,90	
Terminadora asfáltica	1		x	422,58	\$/h = \$/h	422,58	
Motomixer 6 m3 330 HP	4		x	1066,66	\$/h = \$/h	4266,64	
		COSTO COMBUSTIBLES : ..... = \$/h				7681,31	
Rendimiento:	30	tn/h					
		TOTAL COMBUSTIBLES : .... = \$/tn				256,04	16,13%

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : .....	= \$/tn					1587,26	100%
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>	<b>1587,26</b>	<b>\$/tn</b>	<b>x</b>	<b>1,69</b>	<b>= \$/tn</b>	<b>2.682,46</b>	

**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRIO C/EMULSIÓN CRLm**

Distancia de Transporte de emulsión asfáltica = 500 km  
 Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km  
 Distancia de Transporte de arena silícea = 70 km  
 Elaboración en Planta Dosificadora de H°

A - MATERIALES						Incid.:
Arena Silícea	0,0475	tn/tn x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52	
Cal Hidráulica hidratada	0,0095	tn/tn x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93	
Emulsión Asfáltica CRLm	0,0800	tn/tn x	7560,00	\$/tn = \$/tn	604,80	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12	
	1,03		TOTAL MATERIALES : .. = \$/tn		805,56	50,12%

B - MANO DE OBRA						
Oficial Especializado:	1	x	198,41	\$/h = \$/h	198,41	
Oficial :	12	x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84	
Ayudante :	12	x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96	
			COSTO HORARIO : ..... = \$/h		3944,21	
Rendimiento:	30	tn/h	TOTAL MANO DE OBRA :. = \$/tn		98,61	6,13%

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales						
Arena Silícea	0,0475	tn/tn x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56	
Cal Hidráulica hidratada	0,0095	tn/tn x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78	
Emulsión Asfáltica CRLm	0,0800	tn/tn x	630,00	\$/tn = \$/tn	50,40	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21	
			TOTAL TRANSPORTE : .. = \$/tn		335,75	20,89%

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS						
Aplanadora	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Camión de mantenimiento	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión regador de agua	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión volcador	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Cargador frontal	1	x	260,93	\$/h = \$/h	260,93	
Compresor con implementos	1	x	26,09	\$/h = \$/h	26,09	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	21,74	\$/h = \$/h	21,74	
Moldes y herramientas	1	x	28,99	\$/h = \$/h	28,99	
Tractor con implementos	1	x	115,58	\$/h = \$/h	115,58	
Planta Dosificadora de H° p/mixer 25 a 35 m3 80 HP	1	x	91,43	\$/h = \$/h	91,43	
Rodillo neumático	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Terminadora asfáltica	1	x	362,40	\$/h = \$/h	362,40	
Motomixer 6 m3 330 HP	4	x	153,76	\$/h = \$/h	615,04	
			COSTO AMORTIZACION : ..... = \$/h		2015,06	
Rendimiento:	30	tn/h	TOTAL AMORTIZACION :. = \$/tn		67,17	4,18%

E - REPARACIONES Y REPUESTOS						
Aplanadora	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Camión de mantenimiento	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión regador de agua	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión volcador	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Cargador frontal	1	x	152,21	\$/h = \$/h	152,21	
Compresor con implementos	1	x	15,22	\$/h = \$/h	15,22	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	12,68	\$/h = \$/h	12,68	
Moldes y herramientas	1	x	16,91	\$/h = \$/h	16,91	
Tractor con implementos	1	x	67,42	\$/h = \$/h	67,42	
Planta Dosificadora de H° p/mixer 25 a 35 m3 80 HP	1	x	73,14	\$/h = \$/h	73,14	
Rodillo neumático	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Terminadora asfáltica	1	x	211,40	\$/h = \$/h	211,40	
Motomixer 6 m3 330 HP	4	x	123,01	\$/h = \$/h	492,04	
			COSTO REPARACIONES : ..... = \$/h		1328,52	
Rendimiento:	30	tn/h	TOTAL REPARACIONES :. = \$/tn		44,28	2,75%

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES						
Aplanadora	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión de mantenimiento	1	x	369,75	\$/h = \$/h	369,75	
Camión regador de agua	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión volcador	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Cargador frontal	1	x	330,14	\$/h = \$/h	330,14	
Compresor con implementos	1	x	118,85	\$/h = \$/h	118,85	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	0	\$/h = \$/h	0	
Moldes y herramientas	1	x	0	\$/h = \$/h	0	
Tractor con implementos	1	x	633,85	\$/h = \$/h	633,85	
Planta Dosificadora de H° p/mixer 25 a 35 m3 80 HP	1	x	258,58	\$/h = \$/h	258,58	
Rodillo neumático	1	x	250,9	\$/h = \$/h	250,9	
Terminadora asfáltica	1	x	422,58	\$/h = \$/h	422,58	
Motomixer 6 m3 330 HP	4	x	1066,66	\$/h = \$/h	4266,64	
			COSTO COMBUSTIBLES : ..... = \$/h		7681,31	
Rendimiento:	30	tn/h	TOTAL COMBUSTIBLES :. = \$/tn		256,04	15,93%

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : .....					1607,42	100%
<b>P.FINAL: CC x R =</b>	<b>1607,42</b>	<b>\$/tn x</b>	<b>1,69</b>	<b>= \$/tn</b>	<b>2.716,53</b>	

**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRIO C/EMULSIÓN CRL**

**Distancia de Transporte de emulsión asfáltica = 100 km**  
**Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km**  
**Distancia de Transporte de arena silícea = 70 km**

**Elaboración de la mezcla en situ con balanza y cinta transportadora hasta el mixer**

A - MATERIALES						Incid.:
Arena Silícea	0,0475	tn/tn x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52	
Cal Hidráulica hidratada	0,0095	tn/tn x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93	
Emulsión Asfáltica CRL	0,0800	tn/tn x	6352,50	\$/tn = \$/tn	508,20	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12	
	1,03		TOTAL MATERIALES : .. = \$/tn		708,96	46,06%

B - MANO DE OBRA						
Oficial Especializado:	1	x	198,41	\$/h = \$/h	198,41	
Oficial :	12	x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84	
Ayudante :	12	x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96	
			COSTO HORARIO : ..... = \$/h		3944,21	
Rendimiento:	25	tn/h	TOTAL MANO DE OBRA := \$/tn		157,77	10,25%

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales						
Arena Silícea	0,0475	tn/tn x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56	
Cal Hidráulica hidratada	0,0095	tn/tn x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78	
Emulsión Asfáltica CRL	0,0800	tn/tn x	126,00	\$/tn = \$/tn	10,08	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21	
			TOTAL TRANSPORTE : .. = \$/tn		295,43	19,19%

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS						
Aplanadora	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Camión de mantenimiento	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión regador de agua	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión volcador	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Cargador frontal	1	x	260,93	\$/h = \$/h	260,93	
Compresor con implementos	1	x	26,09	\$/h = \$/h	26,09	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	21,74	\$/h = \$/h	21,74	
Moldes y herramientas	1	x	28,99	\$/h = \$/h	28,99	
Tractor con implementos	1	x	115,58	\$/h = \$/h	115,58	
Balanza + cinta transportadora	1	x	36,24	\$/h = \$/h	36,24	
Rodillo neumático	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Terminadora asfáltica	1	x	362,40	\$/h = \$/h	362,40	
Motomixer 6 m3 330 HP	3	x	153,76	\$/h = \$/h	461,28	
			COSTO AMORTIZACION : ..... = \$/h		1806,11	
Rendimiento:	25	tn/h	TOTAL AMORTIZACION := \$/tn		72,24	4,69%

E - REPARACIONES Y REPUESTOS						
Aplanadora	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Camión de mantenimiento	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión regador de agua	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión volcador	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Cargador frontal	1	x	152,21	\$/h = \$/h	152,21	
Compresor con implementos	1	x	15,22	\$/h = \$/h	15,22	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	12,68	\$/h = \$/h	12,68	
Moldes y herramientas	1	x	16,91	\$/h = \$/h	16,91	
Tractor con implementos	1	x	67,42	\$/h = \$/h	67,42	
Balanza + cinta transportadora	1	x	21,14	\$/h = \$/h	21,14	
Rodillo neumático	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Terminadora asfáltica	1	x	211,40	\$/h = \$/h	211,40	
Motomixer 6 m3 330 HP	3	x	123,01	\$/h = \$/h	369,03	
			COSTO REPARACIONES : ..... = \$/h		1153,51	
Rendimiento:	25	tn/h	TOTAL REPARACIONES := \$/tn		46,14	3,00%

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES						
Aplanadora	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión de mantenimiento	1	x	369,75	\$/h = \$/h	369,75	
Camión regador de agua	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión volcador	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Cargador frontal	1	x	330,14	\$/h = \$/h	330,14	
Compresor con implementos	1	x	118,85	\$/h = \$/h	118,85	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	0	\$/h = \$/h	0	
Moldes y herramientas	1	x	0	\$/h = \$/h	0	
Tractor con implementos	1	x	633,85	\$/h = \$/h	633,85	
Balanza + cinta transportadora	1	x	110,05	\$/h = \$/h	110,05	
Rodillo neumático	1	x	250,9	\$/h = \$/h	250,9	
Terminadora asfáltica	1	x	422,58	\$/h = \$/h	422,58	
Motomixer 6 m3 330 HP	3	x	1066,66	\$/h = \$/h	3199,98	
			COSTO COMBUSTIBLES : ..... = \$/h		6466,12	
Rendimiento:	25	tn/h	TOTAL COMBUSTIBLES ..... = \$/tn		258,64	16,80%

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : ..... = \$/tn					1539,18	100%
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>	<b>1539,18</b>	<b>\$/tn x</b>	<b>1,69</b>	<b>= \$/tn</b>	<b>2.601,22</b>	



**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRIO C/EMULSIÓN CRL**

Distancia de Transporte de emulsión asfáltica = 300 km  
 Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km  
 Distancia de Transporte de arena sílicea = 70 km

**Elaboración de la mezcla en situ con balanza y cinta transportadora hasta el mixer**

A - MATERIALES						Incid.:	
Arena Sílicea	0,0475	tn/tn	x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52	
Cal Hidráulica hidratada	0,0095	tn/tn	x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93	
Emulsión Asfáltica CRL	0,0800	tn/tn	x	6352,50	\$/tn = \$/tn	508,20	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn	x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn	x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn	x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12	
	1,03	TOTAL MATERIALES : .. = \$/tn				708,96	45,47%

B - MANO DE OBRA							
Oficial Especializado:	1		x	198,41	\$/h = \$/h	198,41	
Oficial :	12		x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84	
Ayudante :	12		x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96	
Rendimiento:	25	COSTO HORARIO : .....= \$/h				3944,21	
		tn/h					
		TOTAL MANO DE OBRA := \$/tn				157,77	10,12%

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales							
Arena Sílicea	0,0475	tn/tn	x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56	
Cal Hidráulica hidratada	0,0095	tn/tn	x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78	
Emulsión Asfáltica CRL	0,0800	tn/tn	x	378,00	\$/tn = \$/tn	30,24	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn	x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn	x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn	x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21	
		TOTAL TRANSPORTE : .. = \$/tn				315,59	20,24%

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS							
Aplanadora	1		x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Camión de mantenimiento	1		x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión regador de agua	1		x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión volcador	1		x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Cargador frontal	1		x	260,93	\$/h = \$/h	260,93	
Compresor con implementos	1		x	26,09	\$/h = \$/h	26,09	
Laboratorio S°, A° y H°.	1		x	21,74	\$/h = \$/h	21,74	
Moldes y herramientas	1		x	28,99	\$/h = \$/h	28,99	
Tractor con implementos	1		x	115,58	\$/h = \$/h	115,58	
Balanza + cinta transportadora	1		x	36,24	\$/h = \$/h	36,24	
Rodillo neumático	1		x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Terminadora asfáltica	1		x	362,40	\$/h = \$/h	362,40	
Motomixer 6 m3 330 HP	3		x	153,76	\$/h = \$/h	461,28	
Rendimiento:	25	COSTO AMORTIZACION : .....= \$/h				1806,11	
		tn/h					
		TOTAL AMORTIZACION := \$/tn				72,24	4,63%

E - REPARACIONES Y REPUESTOS							
Aplanadora	1		x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Camión de mantenimiento	1		x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión regador de agua	1		x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión volcador	1		x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Cargador frontal	1		x	152,21	\$/h = \$/h	152,21	
Compresor con implementos	1		x	15,22	\$/h = \$/h	15,22	
Laboratorio S°, A° y H°.	1		x	12,68	\$/h = \$/h	12,68	
Moldes y herramientas	1		x	16,91	\$/h = \$/h	16,91	
Tractor con implementos	1		x	67,42	\$/h = \$/h	67,42	
Balanza + cinta transportadora	1		x	21,14	\$/h = \$/h	21,14	
Rodillo neumático	1		x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Terminadora asfáltica	1		x	211,40	\$/h = \$/h	211,40	
Motomixer 6 m3 330 HP	3		x	123,01	\$/h = \$/h	369,03	
Rendimiento:	25	COSTO REPARACIONES : .....= \$/h				1153,51	
		tn/h					
		TOTAL REPARACIONES := \$/tn				46,14	2,96%

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES							
Aplanadora	1		x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión de mantenimiento	1		x	369,75	\$/h = \$/h	369,75	
Camión regador de agua	1		x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión volcador	1		x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Cargador frontal	1		x	330,14	\$/h = \$/h	330,14	
Compresor con implementos	1		x	118,85	\$/h = \$/h	118,85	
Laboratorio S°, A° y H°.	1		x	0	\$/h = \$/h	0	
Moldes y herramientas	1		x	0	\$/h = \$/h	0	
Tractor con implementos	1		x	633,85	\$/h = \$/h	633,85	
Balanza + cinta transportadora	1		x	110,05	\$/h = \$/h	110,05	
Rodillo neumático	1		x	250,9	\$/h = \$/h	250,9	
Terminadora asfáltica	1		x	422,58	\$/h = \$/h	422,58	
Motomixer 6 m3 330 HP	3		x	1066,66	\$/h = \$/h	3199,98	
Rendimiento:	25	COSTO COMBUSTIBLES : .....= \$/h				6466,12	
		tn/h					
		TOTAL COMBUSTIBLES : .... = \$/tn				258,64	16,59%

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : .....					= \$/tn	1559,35	100%
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>					<b>1559,35 \$/tn x 1,69 = \$/tn 2.635,30</b>		

**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRIO C/EMULSIÓN CRL**

Distancia de Transporte de emulsión asfáltica = 500 km  
 Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km  
 Distancia de Transporte de arena silícea = 70 km

**Elaboración de la mezcla en situ con balanza y cinta transportadora hasta el mixer**

A - MATERIALES						Incid.:
Arena Silícea	0,0475	tn/tn x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93	
Emulsión Asfáltica CRL	0,0800	tn/tn x	6352,50	\$/tn = \$/tn	508,20	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12	
	1,03	TOTAL MATERIALES : .. = \$/tn			708,96	44,88%

B - MANO DE OBRA						
Oficial Especializado:	1	x	198,41	\$/h = \$/h	198,41	
Oficial :	12	x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84	
Ayudante :	12	x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96	
		COSTO HORARIO : ..... = \$/h			3944,21	
Rendimiento:	25	tn/h				
		TOTAL MANO DE OBRA := \$/tn			157,77	9,99%

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales						
Arena Silícea	0,0475	tn/tn x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78	
Emulsión Asfáltica CRL	0,0800	tn/tn x	630,00	\$/tn = \$/tn	50,40	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21	
		TOTAL TRANSPORTE : .. = \$/tn			335,75	21,26%

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS						
Aplanadora	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Camión de mantenimiento	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión regador de agua	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión volcador	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Cargador frontal	1	x	260,93	\$/h = \$/h	260,93	
Compresor con implementos	1	x	26,09	\$/h = \$/h	26,09	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	21,74	\$/h = \$/h	21,74	
Moldes y herramientas	1	x	28,99	\$/h = \$/h	28,99	
Tractor con implementos	1	x	115,58	\$/h = \$/h	115,58	
Balanza + cinta transportadora	1	x	36,24	\$/h = \$/h	36,24	
Rodillo neumático	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Terminadora asfáltica	1	x	362,40	\$/h = \$/h	362,40	
Motomixer 6 m3 330 HP	3	x	153,76	\$/h = \$/h	461,28	
		COSTO AMORTIZACION : ..... = \$/h			1806,11	
Rendimiento:	25	tn/h				
		TOTAL AMORTIZACION := \$/tn			72,24	4,57%

E - REPARACIONES Y REPUESTOS						
Aplanadora	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Camión de mantenimiento	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión regador de agua	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión volcador	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Cargador frontal	1	x	152,21	\$/h = \$/h	152,21	
Compresor con implementos	1	x	15,22	\$/h = \$/h	15,22	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	12,68	\$/h = \$/h	12,68	
Moldes y herramientas	1	x	16,91	\$/h = \$/h	16,91	
Tractor con implementos	1	x	67,42	\$/h = \$/h	67,42	
Balanza + cinta transportadora	1	x	21,14	\$/h = \$/h	21,14	
Rodillo neumático	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Terminadora asfáltica	1	x	211,40	\$/h = \$/h	211,40	
Motomixer 6 m3 330 HP	3	x	123,01	\$/h = \$/h	369,03	
		COSTO REPARACIONES : ..... = \$/h			1153,51	
Rendimiento:	25	tn/h				
		TOTAL REPARACIONES := \$/tn			46,14	2,92%

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES						
Aplanadora	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión de mantenimiento	1	x	369,75	\$/h = \$/h	369,75	
Camión regador de agua	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión volcador	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Cargador frontal	1	x	330,14	\$/h = \$/h	330,14	
Compresor con implementos	1	x	118,85	\$/h = \$/h	118,85	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Moldes y herramientas	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Tractor con implementos	1	x	633,85	\$/h = \$/h	633,85	
Balanza + cinta transportadora	1	x	110,05	\$/h = \$/h	110,05	
Rodillo neumático	1	x	250,90	\$/h = \$/h	250,90	
Terminadora asfáltica	1	x	422,58	\$/h = \$/h	422,58	
Motomixer 6 m3 330 HP	3	x	1066,66	\$/h = \$/h	3199,98	
		COSTO COMBUSTIBLES : ..... = \$/h			6466,12	
Rendimiento:	25	tn/h				
		TOTAL COMBUSTIBLES ..... = \$/tn			258,64	16,38%

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : .....					1579,51	100%
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>	<b>1579,51</b>	<b>\$/tn x</b>	<b>1,69</b>	<b>= \$/tn</b>	<b>2.669,37</b>	

**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRIO C/EMULSIÓN CRLm**

Distancia de Transporte de emulsión asfáltica = 100 km  
 Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km  
 Distancia de Transporte de arena silícea = 70 km

**Elaboración de la mezcla en situ con balanza y cinta transportadora hasta el mixer**

A - MATERIALES						Incid.:
Arena Silícea	0,0475	tn/tn x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52	
Cal Hidráulica hidratada	0,0095	tn/tn x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93	
Emulsión Asfáltica CRLm	0,0800	tn/tn x	7560,00	\$/tn = \$/tn	604,80	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12	
	1,03	TOTAL MATERIALES : ... = \$/tn			805,56	49,25%

B - MANO DE OBRA						Incid.:
Oficial Especializado:	1	x	198,41	\$/h = \$/h	198,41	
Oficial :	12	x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84	
Ayudante :	12	x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96	
		COSTO HORARIO : ..... = \$/h			3944,21	
Rendimiento:	25	tn/h				
		TOTAL MANO DE OBRA := \$/tn			157,77	9,64%

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales						Incid.:
Arena Silícea	0,0475	tn/tn x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56	
Cal Hidráulica hidratada	0,0095	tn/tn x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78	
Emulsión Asfáltica CRLm	0,0800	tn/tn x	126,00	\$/tn = \$/tn	10,08	
Arena de trituración 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21	
		TOTAL TRANSPORTE : ... = \$/tn			295,43	18,06%

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS						Incid.:
Aplanadora	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Camión de mantenimiento	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión regador de agua	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión volcador	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Cargador frontal	1	x	260,93	\$/h = \$/h	260,93	
Compresor con implementos	1	x	26,09	\$/h = \$/h	26,09	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	21,74	\$/h = \$/h	21,74	
Moldes y herramientas	1	x	28,99	\$/h = \$/h	28,99	
Tractor con implementos	1	x	115,58	\$/h = \$/h	115,58	
Balanza + cinta transportadora	1	x	36,24	\$/h = \$/h	36,24	
Rodillo neumático	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Terminadora asfáltica	1	x	362,40	\$/h = \$/h	362,40	
Motomixer 6 m3 330 HP	3	x	153,76	\$/h = \$/h	461,28	
		COSTO AMORTIZACION : ..... = \$/h			1806,11	
Rendimiento:	25	tn/h				
		TOTAL AMORTIZACION := \$/tn			72,24	4,42%

E - REPARACIONES Y REPUESTOS						Incid.:
Aplanadora	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Camión de mantenimiento	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión regador de agua	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión volcador	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Cargador frontal	1	x	152,21	\$/h = \$/h	152,21	
Compresor con implementos	1	x	15,22	\$/h = \$/h	15,22	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	12,68	\$/h = \$/h	12,68	
Moldes y herramientas	1	x	16,91	\$/h = \$/h	16,91	
Tractor con implementos	1	x	67,42	\$/h = \$/h	67,42	
Balanza + cinta transportadora	1	x	21,14	\$/h = \$/h	21,14	
Rodillo neumático	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Terminadora asfáltica	1	x	211,40	\$/h = \$/h	211,40	
Motomixer 6 m3 330 HP	3	x	123,01	\$/h = \$/h	369,03	
		COSTO REPARACIONES : ..... = \$/h			1153,51	
Rendimiento:	25	tn/h				
		TOTAL REPARACIONES := \$/tn			46,14	2,82%

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES						Incid.:
Aplanadora	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión de mantenimiento	1	x	369,75	\$/h = \$/h	369,75	
Camión regador de agua	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión volcador	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Cargador frontal	1	x	330,14	\$/h = \$/h	330,14	
Compresor con implementos	1	x	118,85	\$/h = \$/h	118,85	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Moldes y herramientas	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Tractor con implementos	1	x	633,85	\$/h = \$/h	633,85	
Balanza + cinta transportadora	1	x	110,05	\$/h = \$/h	110,05	
Rodillo neumático	1	x	250,90	\$/h = \$/h	250,90	
Terminadora asfáltica	1	x	422,58	\$/h = \$/h	422,58	
Motomixer 6 m3 330 HP	3	x	1066,66	\$/h = \$/h	3199,98	
		COSTO COMBUSTIBLES : ..... = \$/h			6466,12	
Rendimiento:	25	tn/h				
		TOTAL COMBUSTIBLES : .... = \$/tn			258,64	15,81%

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : .....	= \$/tn	1635,79	100%
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>	<b>1635,79 \$/tn x 1,69 = \$/tn</b>	<b>2.764,48</b>	

**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRIO C/EMULSIÓN CRLm**

**Distancia de Transporte de emulsión asfáltica = 300 km**  
**Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km**  
**Distancia de Transporte de arena silícea = 70 km**

**Elaboración de la mezcla en situ con balanza y cinta transportadora hasta el mixer**

A - MATERIALES						Incid.:
Arena Silícea	0,0475	tn/tn x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93	
Emulsión Asfáltica CRLm	0,0800	tn/tn x	7560,00	\$/tn = \$/tn	604,80	
Arena de trituracion 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12	
	1,03	TOTAL MATERIALES : .. = \$/tn			805,56	48,65%

B - MANO DE OBRA						Incid.:
Oficial Especializado:	1	x	198,41	\$/h = \$/h	198,41	
Oficial :	12	x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84	
Ayudante :	12	x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96	
Rendimiento:	25	tn/h		COSTO HORARIO : .....= \$/h	3944,21	
		TOTAL MANO DE OBRA := \$/tn			157,77	9,53%

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales						Incid.:
Arena Silícea	0,0475	tn/tn x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78	
Emulsión Asfáltica CRLm	0,0800	tn/tn x	378,00	\$/tn = \$/tn	30,24	
Arena de trituracion 0-6 mm	0,3990	tn/tn x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21	
		TOTAL TRANSPORTE : .. = \$/tn			315,59	19,06%

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS						Incid.:
Aplanadora	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Camión de mantenimiento	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión regador de agua	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión volcador	1	x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Cargador frontal	1	x	260,93	\$/h = \$/h	260,93	
Compresor con implementos	1	x	26,09	\$/h = \$/h	26,09	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	21,74	\$/h = \$/h	21,74	
Moldes y herramientas	1	x	28,99	\$/h = \$/h	28,99	
Tractor con implementos	1	x	115,58	\$/h = \$/h	115,58	
Balanza + cinta transportadora	1	x	36,24	\$/h = \$/h	36,24	
Rodillo neumático	1	x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Terminadora asfáltica	1	x	362,40	\$/h = \$/h	362,40	
Motomixer 6 m3 330 HP	3	x	153,76	\$/h = \$/h	461,28	
Rendimiento:	25	tn/h		COSTO AMORTIZACION : .....= \$/h	1806,11	
		TOTAL AMORTIZACION := \$/tn			72,24	4,36%

E - REPARACIONES Y REPUESTOS						Incid.:
Aplanadora	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Camión de mantenimiento	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión regador de agua	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión volcador	1	x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Cargador frontal	1	x	152,21	\$/h = \$/h	152,21	
Compresor con implementos	1	x	15,22	\$/h = \$/h	15,22	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	12,68	\$/h = \$/h	12,68	
Moldes y herramientas	1	x	16,91	\$/h = \$/h	16,91	
Tractor con implementos	1	x	67,42	\$/h = \$/h	67,42	
Balanza + cinta transportadora	1	x	21,14	\$/h = \$/h	21,14	
Rodillo neumático	1	x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Terminadora asfáltica	1	x	211,40	\$/h = \$/h	211,40	
Motomixer 6 m3 330 HP	3	x	123,01	\$/h = \$/h	369,03	
Rendimiento:	25	tn/h		COSTO REPARACIONES : .....= \$/h	1153,51	
		TOTAL REPARACIONES := \$/tn			46,14	2,79%

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES						Incid.:
Aplanadora	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión de mantenimiento	1	x	369,75	\$/h = \$/h	369,75	
Camión regador de agua	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión volcador	1	x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Cargador frontal	1	x	330,14	\$/h = \$/h	330,14	
Compresor con implementos	1	x	118,85	\$/h = \$/h	118,85	
Laboratorio S°, A° y H°.	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Moldes y herramientas	1	x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Tractor con implementos	1	x	633,85	\$/h = \$/h	633,85	
Balanza + cinta transportadora	1	x	110,05	\$/h = \$/h	110,05	
Rodillo neumático	1	x	250,90	\$/h = \$/h	250,90	
Terminadora asfáltica	1	x	422,58	\$/h = \$/h	422,58	
Motomixer 6 m3 330 HP	3	x	1066,66	\$/h = \$/h	3199,98	
Rendimiento:	25	tn/h		COSTO COMBUSTIBLES : .....= \$/h	6466,12	
		TOTAL COMBUSTIBLES : ....= \$/tn			258,64	15,62%

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : .....					1655,95	100%
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>	<b>1655,95</b>	<b>\$/tn x</b>	<b>1,69</b>	<b>= \$/tn</b>	<b>2.798,55</b>	

**ITEM: ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRIO C/EMULSIÓN CRLm**

Distancia de Transporte de emulsión asfáltica = 500 km  
 Distancia de Transporte de agregados pétreos de trituración y cal = 500 km  
 Distancia de Transporte de arena sílicea = 70 km

**Elaboración de la mezcla en situ con balanza y cinta transportadora hasta el mixer**

A - MATERIALES						Incid.:	
Arena Sílicea	0,0475	tn/tn	x	116,20	\$/tn = \$/tn	5,52	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn	x	1887,00	\$/tn = \$/tn	17,93	
Emulsión Asfáltica CRLm	0,0800	tn/tn	x	7560,00	\$/tn = \$/tn	604,80	
Arena de trituracion 0-6 mm	0,3990	tn/tn	x	127,52	\$/tn = \$/tn	50,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn	x	260,73	\$/tn = \$/tn	74,31	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn	x	249,39	\$/tn = \$/tn	52,12	
	1,03	TOTAL MATERIALES : .. = \$/tn				805,56	48,06%

B - MANO DE OBRA							
Oficial Especializado:	1		x	198,41	\$/h = \$/h	198,41	
Oficial :	12		x	169,07	\$/h = \$/h	2028,84	
Ayudante :	12		x	143,08	\$/h = \$/h	1716,96	
		COSTO HORARIO : .....= \$/h				3944,21	
Rendimiento:	25	tn/h					
		TOTAL MANO DE OBRA :.= \$/tn				157,77	9,41%

C - TRANSPORTE. Incluido en Materiales							
Arena Sílicea	0,0475	tn/tn	x	74,90	\$/tn = \$/tn	3,56	
Cal Hidraulica hidratada	0,0095	tn/tn	x	81,60	\$/tn = \$/tn	0,78	
Emulsión Asfáltica CRLm	0,0800	tn/tn	x	630,00	\$/tn = \$/tn	50,40	
Arena de trituracion 0-6 mm	0,3990	tn/tn	x	318,00	\$/tn = \$/tn	126,88	
Piedra partida 6/12 mm	0,2850	tn/tn	x	312,00	\$/tn = \$/tn	88,92	
Piedra partida 6/20 mm	0,2090	tn/tn	x	312,00	\$/tn = \$/tn	65,21	
		TOTAL TRANSPORTE : .. = \$/tn				335,75	20,03%

D - AMORTIZACION DE EQUIPOS							
Aplanadora	1		x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Camión de mantenimiento	1		x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión regador de agua	1		x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Camión volcador	1		x	57,98	\$/h = \$/h	57,98	
Cargador frontal	1		x	260,93	\$/h = \$/h	260,93	
Compresor con implementos	1		x	26,09	\$/h = \$/h	26,09	
Laboratorio S°, A° y H°.	1		x	21,74	\$/h = \$/h	21,74	
Moldes y herramientas	1		x	28,99	\$/h = \$/h	28,99	
Tractor con implementos	1		x	115,58	\$/h = \$/h	115,58	
Balanza + cinta transportadora	1		x	36,24	\$/h = \$/h	36,24	
Rodillo neumático	1		x	159,46	\$/h = \$/h	159,46	
Terminadora asfáltica	1		x	362,40	\$/h = \$/h	362,40	
Motomixer 6 m3 330 HP	3		x	153,76	\$/h = \$/h	461,28	
		COSTO AMORTIZACION : .....= \$/h				1806,11	
Rendimiento:	25	tn/h					
		TOTAL AMORTIZACION :.= \$/tn				72,24	4,31%

E - REPARACIONES Y REPUESTOS							
Aplanadora	1		x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Camión de mantenimiento	1		x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión regador de agua	1		x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Camión volcador	1		x	33,82	\$/h = \$/h	33,82	
Cargador frontal	1		x	152,21	\$/h = \$/h	152,21	
Compresor con implementos	1		x	15,22	\$/h = \$/h	15,22	
Laboratorio S°, A° y H°.	1		x	12,68	\$/h = \$/h	12,68	
Moldes y herramientas	1		x	16,91	\$/h = \$/h	16,91	
Tractor con implementos	1		x	67,42	\$/h = \$/h	67,42	
Balanza + cinta transportadora	1		x	21,14	\$/h = \$/h	21,14	
Rodillo neumático	1		x	93,02	\$/h = \$/h	93,02	
Terminadora asfáltica	1		x	211,40	\$/h = \$/h	211,40	
Motomixer 6 m3 330 HP	3		x	123,01	\$/h = \$/h	369,03	
		COSTO REPARACIONES : .....= \$/h				1153,51	
Rendimiento:	25	tn/h					
		TOTAL REPARACIONES :.= \$/tn				46,14	2,75%

F - COMBUSTIBLES O ENERGIA Y LUBRICANTES							
Aplanadora	1		x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión de mantenimiento	1		x	369,75	\$/h = \$/h	369,75	
Camión regador de agua	1		x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Camión volcador	1		x	343,34	\$/h = \$/h	343,34	
Cargador frontal	1		x	330,14	\$/h = \$/h	330,14	
Compresor con implementos	1		x	118,85	\$/h = \$/h	118,85	
Laboratorio S°, A° y H°.	1		x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Moldes y herramientas	1		x	0,00	\$/h = \$/h	0,00	
Tractor con implementos	1		x	633,85	\$/h = \$/h	633,85	
Balanza + cinta transportadora	1		x	110,05	\$/h = \$/h	110,05	
Rodillo neumático	1		x	250,90	\$/h = \$/h	250,90	
Terminadora asfáltica	1		x	422,58	\$/h = \$/h	422,58	
Motomixer 6 m3 330 HP	3		x	1066,66	\$/h = \$/h	3199,98	
		COSTO COMBUSTIBLES : .....= \$/h				6466,12	
Rendimiento:	25	tn/h					
		TOTAL COMBUSTIBLES : .....= \$/tn				258,64	15,43%

COSTO - COSTO (CC) : M + MO + E : .....					= \$/tn	1676,11	100%
<b>PRECIO FINAL: CC x R =</b>					<b>1676,11 \$/tn x 1,69 = \$/tn 2.832,62</b>		

### C.3 - TABLAS Y GRÁFICOS COMPARATIVOS DE LOS COSTOS DE LA MEZCLA EN CALIENTE Y LA ELABORADA CON EMULSIÓN MODIFICADA, PARA DISTANCIAS DE TRANSPORTE DEL LIGANTE BITUMINOSO DE 100 KM Y 500 KM.

#### C.3.1 - Distancia de transporte del ligante bituminoso 100 Km

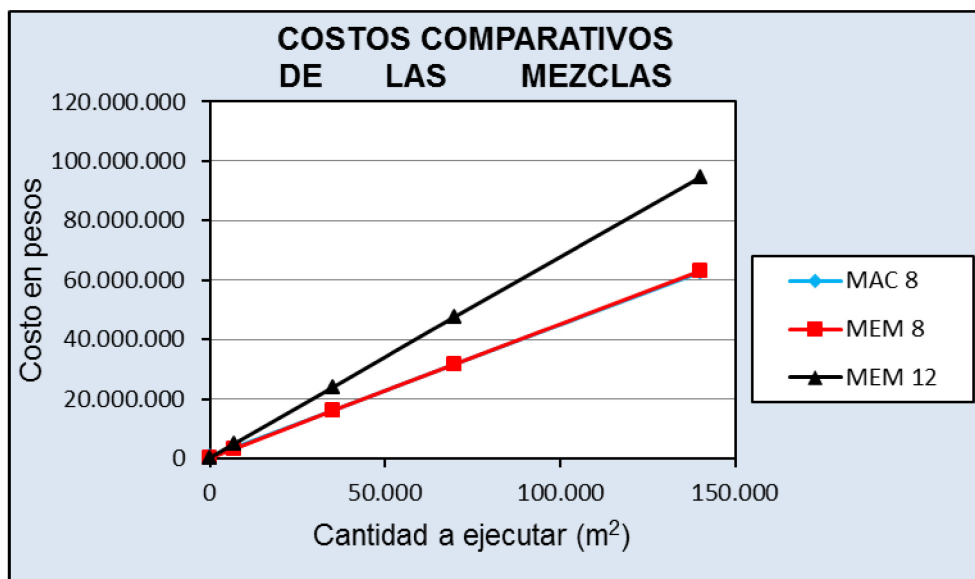
- Costos de mezclas asfálticas para pavimentación de caminos de la red vial secundaria

COSTOS UNITARIOS DE ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTACIÓN DE CAMINOS DE LA RED VIAL SECUNDARIA					
LIGANTE BITUMINOSO CAPA RODAMIENTO	COSTO EMPLAZAMIENTO OBRADOR PARA AMBOS TIPOS DE MEZCLA (\$)	(\$/t)	ESPESOR (cm)	(t/m <sup>2</sup> )	(\$/m <sup>2</sup> )
MAC	704.000	2.334,43	8,00	0,1895	442,42
MEM	268.000	2.485,60	8,00	0,1808	449,40
MEM	268.000	2.485,60	12,00	0,2712	674,09

Costos unitarios de mezclas asfálticas para pavimentación de caminos de la red vial secundaria

COSTO DE MEZCLAS PARA PAVIMENTACIÓN DE CAMINOS DE LA RED VIAL SECUNDARIA			
Cantidad a Ejecutar	Tipo de Ligante		
	MAC [8 cm]	MEM [8 cm]	MEM[12cm]
m <sup>2</sup>	\$	\$	\$
0	704.000	268.000	268.000
7.000	3.800.948	3.413.775	4.896.663
35.000	16.188.741	15.996.877	23.861.315
70.000	31.673.482	31.725.754	47.454.630
140.000	62.642.964	63.183.507	94.641.261

Costos de los dos tipos de mezclas para obras de pavimentación de caminos de la red vial secundaria



Variación de costos de mezclas asfálticas para pavimentación de caminos de la red vial secundaria

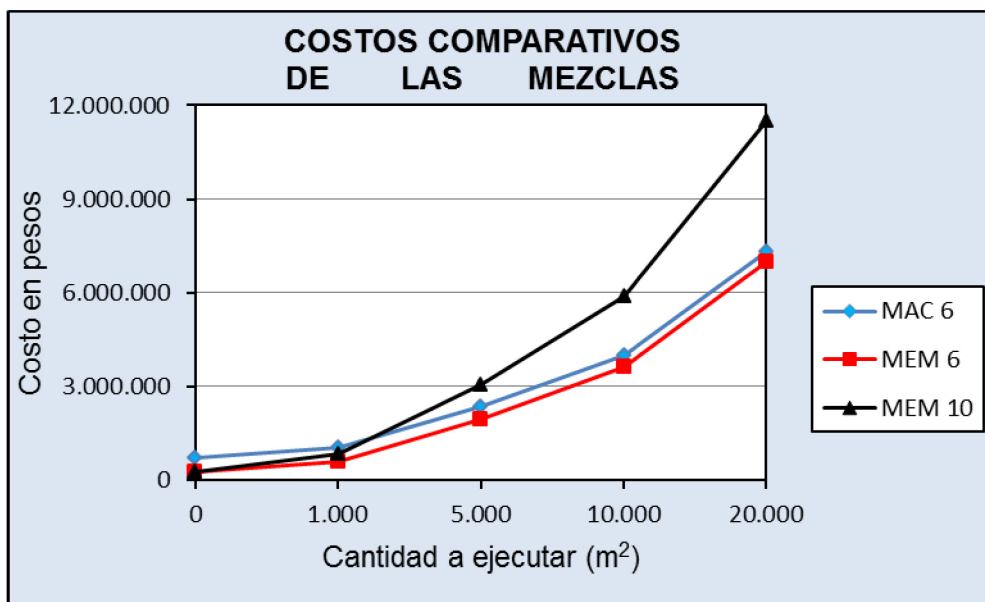
- **Costos de mezclas asfálticas para pavimentación urbana u obras menores**

COSTOS UNITARIOS DE ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTACIÓN URBANA					
LIGANTE BITUMINOSO CAPA RODAMIENTO	COSTO EMPLAZAMIENTO OBRADOR PARA AMBOS TIPOS DE MEZCLA (\$)	(\$/t)	ESPESOR (cm)	(t/m <sup>2</sup> )	(\$/m <sup>2</sup> )
MAC	704.000	2.334,43	6,00	0,1421	331,82
MEM	268.000	2.485,60	6,00	0,1356	337,05
MEM	268.000	2.485,60	10,00	0,2260	561,75

Costos unitarios de mezclas asfálticas para pavimentación urbana u obras menores

<b>COSTO DE MEZCLAS PARA PAVIMENTACIÓN URBANA</b>			
Cantidad a Ejecutar	Tipo de Ligante		
	MAC [6 cm]	MEM [6 cm]	MEM[10cm]
m <sup>2</sup>	\$	\$	\$
0	704.000	268.000	268.000
1.000	1.035.816	605.047	829.746
5.000	2.363.079	1.953.237	3.076.728
10.000	4.022.159	3.638.474	5.885.456
20.000	7.340.318	7.008.947	11.502.912

Costos de los dos tipos de mezclas para obras de pavimentación urbana u obras menores



Variación de costos de mezclas asfálticas para pavimentación urbana u obras menores



### C.3.2 - Distancia de transporte del ligante bituminoso 500 Km

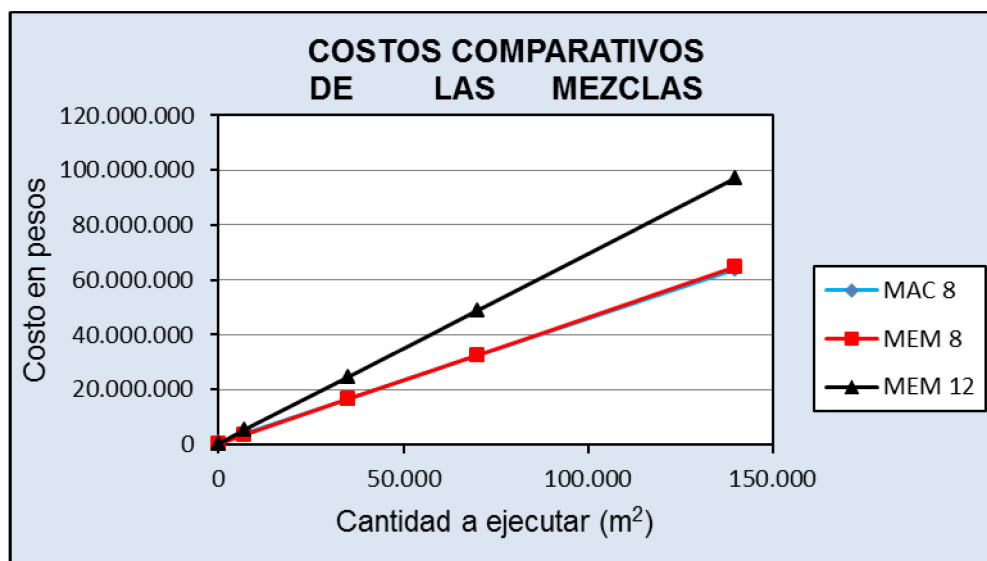
- **Costos de mezclas asfálticas para pavimentación de caminos de la red vial secundaria**

COSTOS UNITARIOS DE ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTACIÓN DE CAMINOS DE LA RED VIAL SECUNDARIA					
LIGANTE BITUMINOSO CAPA RODAMIENTO	COSTO EMPLAZAMIENTO OBRADOR PARA AMBOS TIPOS DE MEZCLA (\$)	(\$/t)	ESPESOR (cm)	(t/m <sup>2</sup> )	(\$/m <sup>2</sup> )
MAC	704.000	2.386,96	8,00	0,1895	452,38
MEM	268.000	2.553,74	8,00	0,1808	461,72
MEM	268.000	2.553,74	12,00	0,2712	692,57

Costos unitarios de mezclas asfálticas para pavimentación de caminos de la red vial secundaria

COSTO DE MEZCLAS PARA PAVIMENTACIÓN DE CAMINOS DE LA RED VIAL SECUNDARIA			
Cantidad a Ejecutar	Tipo de Ligante		
	MAC [8 cm]	MEM [8 cm]	MEM[12cm]
m <sup>2</sup>	\$	\$	\$
0	704.000	268.000	268.000
7.000	3.870.637	3.500.013	5.116.020
35.000	16.537.183	16.428.067	24.508.100
70.000	32.370.366	32.588.133	48.748.200
140.000	64.036.732	64.908.267	97.228.400

Costos de los dos tipos de mezclas para obras de pavimentación de caminos de la red vial secundaria



Variación de costos de mezclas asfálticas para pavimentación de caminos de la red vial secundaria

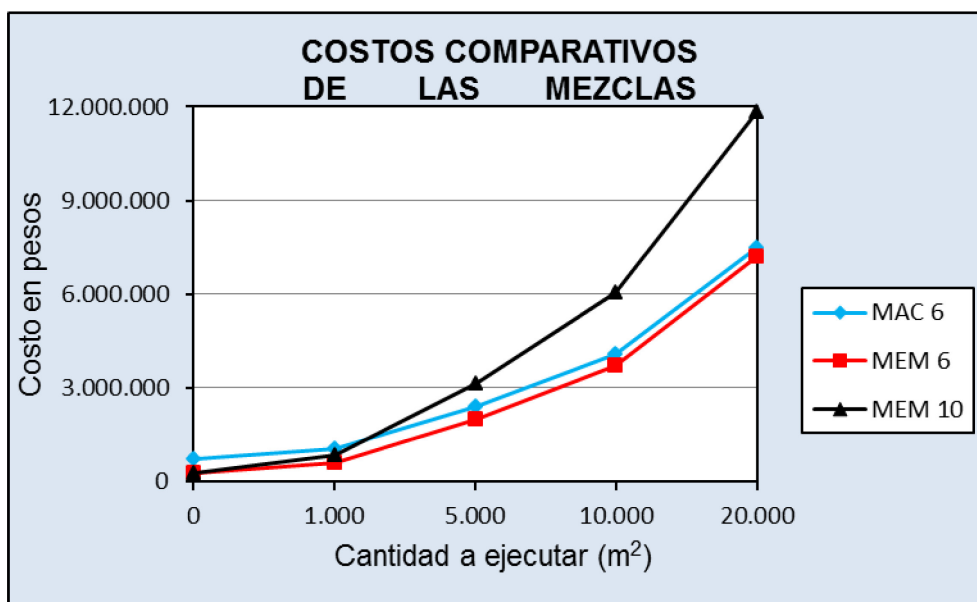
- **Costos de mezclas asfálticas para pavimentación urbana u obras menores**

COSTOS UNITARIOS DE ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTACIÓN URBANA					
LIGANTE BITUMINOSO CAPA RODAMIENTO	COSTO EMPLAZAMIENTO OBRADOR PARA AMBOS TIPOS DE MEZCLA (\$)	(\$/t)	ESPESOR (cm)	(t/m <sup>2</sup> )	(\$/m <sup>2</sup> )
MAC	704.000	2.386,96	6,00	0,1421	339,28
MEM	268.000	2.553,74	6,00	0,1356	346,29
MEM	268.000	2.553,74	10,00	0,2260	577,15

Costos unitarios de mezclas asfálticas para pavimentación urbana u obras menores

COSTO DE MEZCLAS PARA PAVIMENTACIÓN URBANA			
Cantidad a Ejecutar	Tipo de Ligante		
	MAC [6 cm]	MEM [6 cm]	MEM[10cm]
m <sup>2</sup>	\$	\$	\$
0	704.000	268.000	268.000
1.000	1.043.282	614.287	845.145
5.000	2.400.412	1.999.436	3.153.726
10.000	4.096.825	3.730.871	6.039.452
20.000	7.489.650	7.193.743	11.810.905

Costos de los dos tipos de mezclas para obras de pavimentación urbana u obras menores



Variación de costos de mezclas asfálticas para pavimentación urbana u obras menores



**ANEXO D**  
**TABLA DE UNIDADES**

Este Anexo aglutina en una tabla las principales magnitudes evaluadas con sus respectivas unidades

<b>TABLA DE UNIDADES</b>		
<b>MAGNITUD</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>SIMBOLO</b>
ABSORCION	por ciento	%
CARGA	toneladas	t
CARGA	kilonewton	kN
CARGA/SUPERFICIE	megapascales	Mpa
DENSIDAD	gramos por centímetro cúbico	g/cm <sup>3</sup>
DESGASTE LOS ANGELES	por ciento	%
DOSAJE DE ASFALTO O EMULSION	por ciento	%
ESTABILIDAD	kilogramos	Kg
ESTABILIDAD	newton	N
FLUENCIA	décimas de milímetro	0,1 mm
FRECUENCIA	herz	Hz
INDICE DE LAJAS	por ciento	%
MODULO DE RIGIDEZ	megapascales	MPa
PENETRACION A 25 °C	décimas de milímetro	0,1 mm
PESO ESPECIFICO	gramos por centímetro cúbico	g/cm <sup>3</sup>
POLVO ADHERIDO	mililitros	ml
PROPORTIONAL RUTH DEPTH [PRD]	por ciento	%
RELACION BETUN VACIOS [RBV]	por ciento	%
RESIDUO ASFALTICO	por ciento	%
RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE [RCS]	megapascales	MPa
RESISTENCIA A TRACCION INDIRECTA [RTI]	megapascales	MPa
RESISTENCIA CONSERVADA	por ciento	%
RETORNO ELASTICO POR TORSION	por ciento	%
TEMPERATURA	centígrados	°C
VACIOS	por ciento	%
VACIOS DEL AGREGADO MINERAL [VAM]	por ciento	%
WHEEL TRACKING SLOPE	milímetros cada mil ciclos	mm/10 <sup>3</sup> ciclos