

**Concreto Asfáltico con Caucho**



# Guía de Inspección



**RAC-105**

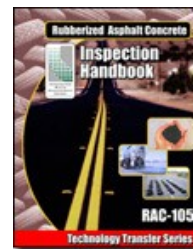
**Serie Transferencia Tecnológica**



# Guía de Inspección

## Transferencia Tecnológica RAC-105

Guía de Inspección  
RAC-105



Índice

|  |    |
|--|----|
| <b>Misión de la Inspección</b> .....                     | 4  |
| <b>Prólogo</b> .....                                     | 4  |
| <b>Ventajas del RAC</b> .....                            | 5  |
| <b>Cómo se Produce el RAC</b> .....                      | 6  |
| Proceso en Húmedo.....                                   | 6  |
| Proceso en Refinería (Aglomerantes sin agitación): ..... | 7  |
| Proceso en Seco .....                                    | 7  |
| <b>Composición del RAC</b> .....                         | 7  |
| Agregados.....   | 7  |
| Aglomerante de Asfalto con Caucho: .....                 | 7  |
| <b>Certificaciones y Diseños de Mezcla</b> .....         | 8  |
| <b>Equipo</b> .....                                      | 8  |
| <b>Preparación de la Superficie</b> .....                | 9  |
| <b>Inspección en la Planta</b> .....                     | 9  |
| <b>Inspección en el Sitio</b> .....                      | 10 |
| Antes de Pavimentar .....                                | 11 |
| Durante la Pavimentación .....                           | 12 |
| <b>Conclusión</b> .....                                  | 14 |
| <b>Glosario</b> .....                                    | 15 |
| Tipos de CRM .....                                       | 15 |
| Métodos de Elaboración del CRM .....                     | 16 |
| Equipo de Procesamiento de CRM.....                      | 16 |
| Agregados para Concreto Asfáltico .....                  | 21 |
| Asfalto .....  | 22 |
| Métodos de Diseño de Mezcla .....                        | 23 |
| Características de Diseño de Mezcla .....                | 24 |
| Propiedades de Diseño de Mezcla .....                    | 25 |
| Fallas Típicas del Pavimento Asfáltico .....             | 26 |

## MISIÓN DE LA INSPECCIÓN

Su misión es verificar que el producto final en campo se encuentre de conformidad con los planos y especificaciones.

Como inspector de construcción, usted es el enlace vital entre el diseñador y el producto final en campo. Su conocimiento del material y equipo utilizado para fabricar y colocar Concreto Asfáltico con Caucho (RAC, por sus siglas en inglés) acompañado de su experiencia en las técnicas de construcción adecuadas, necesarias para garantizar una superficie de caminos con alta calidad y durabilidad, determinarán el desempeño del producto final.

*Recuerde, los documentos del contrato (planos, especificaciones, etc.) proporcionarán los requisitos mínimos. Cualquier desviación por debajo de estos requisitos mínimos reducirá la vida útil del pavimento e incurrirá en costos de mantenimiento adicionales no planeados.*

¡Su Trabajo es Importante! ¡Es crucial para el éxito de los proyectos que supervisa!

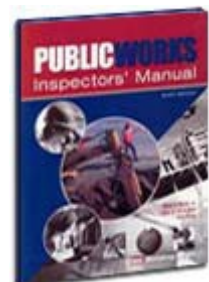
## PRÓLOGO

Esta guía de campo fácil de llevar tiene el propósito de proporcionarle información básica acerca del diseño y fabricación de mezclas RAC y de las técnicas de preparación y construcción de la superficie de pavimento. El objetivo del Centro Tecnológico es brindarle información breve, pero sustancial, en un formato de lista de verificación, en lugar de proporcionar descripciones completas sobre cómo desempeñar cada función.

Si bien la información presentada en esta guía de campo está orientada hacia la construcción del RAC, los mismos principios aplican para la construcción de los pavimentos de concreto asfáltico convencional. Para información más detallada, recomendamos las siguientes publicaciones:

**"Greenbook"** Especificaciones Estándar para la Construcción de Obras Públicas, BN1 Building News

**Manual para Inspectores de Obras Públicas**, BNI Building News



**Principios de Construcción de Pavimentos Asfálticos de Mezcla Caliente**, (Principles of Construction of Hot-Mix Asphalt Pavements) Instituto del Asfalto, Serie de Manuales No. 22

**Manual de Pavimentación de Mezcla Caliente 2000**, Caliente (Hot-Mix Paving Handbook 2000) AASHTO, FAA, FHWA, NAPA, U.S.A.C.E., APWA y NACE. Disponible a través de la Asociación Nacional de Pavimentación Asfáltica

**Instituto Nacional de Carreteras** (NHI, por sus siglas en inglés) Curso de Construcción de Asfalto de Mezcla Caliente - FHWA

## VENTAJAS DEL RAC

California genera más de 30 millones de llantas de desecho anualmente.

- Garantiza pavimentos de durabilidad prolongada que resisten el agrietamiento reflexivo.
- Ahorra dinero. Al utilizar su resistencia superior al agrietamiento reflexivo, un proyecto de recubrimiento con RAC puede ahorrar hasta \$20,000 por milla de carril en comparación con el AC al colocar una sección más delgada (2 pulgadas de RAC contra 4 pulgadas de AC).
- Proporciona una superficie altamente resistente a derrapes, reduce el ruido de las llantas en un 50% a 80%, y resiste el ahuellamiento y el corrimiento.
- Utiliza más de 2,000 llantas por milla de carril en un proyecto de recubrimiento de 2 pulgadas de espesor, lo que hace del RAC un material ecológico.
- Proporciona un excelente contraste de color para franjas y marcas del camino.

## CÓMO SE PRODUCE EL RAC

El RAC se elabora mezclando caucho granulado de llantas de desecho, cemento asfáltico y agregados sólidos y de granulometría adecuada en proporciones específicas, en una planta central de mezclado. Podrían incluirse otros aditivos, tales como caucho de alto contenido natural y aceite diluyente.



Caucho granulado de llantas de desecho



### Proceso en Húmedo

Mezclar el caucho granulado, normalmente se realiza a través del "Proceso en Húmedo" en el que el caucho granulado se mezcla e interactúa con el cemento asfáltico caliente antes de añadir el aglomerante de asfalto con caucho a los agregados.

Actualmente, el "proceso en húmedo" es el único proceso permitido por el GREENBOOK y es el principal proceso utilizado por CALTRANS. Dos diferentes tipos de aglomerante podrían elaborarse mediante el proceso en húmedo: de alta viscosidad (cumple la definición de ASTM de asfalto con caucho, incluyendo la viscosidad mínima de 1,500 cPs, o 1.5 Pascal segundos) y sin agitación, el cuál es conocido frecuentemente como mezcla terminal y tiene una viscosidad de <1,500 cPs.

La viscosidad es el discriminador para el uso adecuado. La información aquí expuesta aplica para materiales de asfalto con caucho de alta viscosidad.

### **Proceso en Refinería (Aglomerantes sin agitación):**

Este proceso patentado, el cual ha sido utilizado en Texas desde 1995 digiere el caucho granulado dentro del cemento asfáltico en la refinería, de modo que no se requiere de agitación. Varias refinerías en California y Arizona se encuentran ahora produciendo productos similares, como el PG 76-22TR+, el MAC-10TR y los aglomerantes MB, muchos de los cuales están patentados. Este proceso normalmente utiliza únicamente cerca de la mitad de la cantidad del Modificador de Caucho Granulado (CRM, por sus siglas en inglés) utilizado para elaborar aglomerantes de asfalto con caucho de alta viscosidad. Debido a la baja viscosidad, la cantidad total de aglomerante sin agitación en mezclas calientes es considerablemente menor a la proporcionada por los aglomerantes de alta viscosidad (ejemplo: 5.5% contra 8.5%).

### **Proceso en Seco**

El "proceso en seco" mezcla las partículas de caucho con el agregado antes de la adición del asfalto.

CALTRANS cuenta con disposiciones especiales para el RUMAC, una mezcla de proceso en seco genérica elaborada con agregados de granulometría irregular, pero raramente utiliza este tipo de modificación de CRM. Secciones de prueba recientemente construidas se encuentran bajo monitoreo para evaluar el potencial de un uso más amplio.

## COMPOSICIÓN DEL RAC

### **Agregados**

RAC-G de granulometría irregular, ARHM-GG-C (las granulometrías B y D también podrían especificarse). Podrían utilizarse mezclas de ¾" y ½" nominal de granulometría irregular o granulometría abierta.

### **Aglomerante de Asfalto con Caucho:**

Modificador de Asfalto: 2.5 al 6% del peso del asfalto; Caltrans podría reducir el mínimo para áreas de clima cálido a 1%.

Cemento Asfáltico+ Modificador: 80 +/- 2%.

CRM (De residuos de llanta y de Alto contenido natural): 20+/- 2% del peso total del aglomerante, incluyendo 25+/-2% de CRM de Alto Contenido Natural

## CERTIFICACIONES Y DISEÑOS DE MEZCLAS

Un diseño de mezcla es proporcionado por el contratista y revisado por la Agencia. El contratista certifica que la mezcla proporcionada corresponde al diseño de mezcla presentado.

### Un diseño de mezcla debe incluir:

- Granulometría combinada del agregado
- Contenido de aglomerante
- Contenido de CRM (de residuos de llanta y alto contenido natural)
- Granulometría del CRM (de residuos de llanta y alto contenido natural)
- Densidad máxima – Rice
- Densidad de laboratorio- Hveem
- Vacíos de aire en la densidad de laboratorio
- Vacíos en el agregado mineral (VMA)
- Estabilidad Hveem

## EQUIPO

En la Planta:

Una planta típica de asfalto consta de lo siguiente:

- Contenedores de almacenamiento de agregado.
- Un dispositivo de pesaje para medir las cantidades específicas de cada contenedor dentro de la cinta transportadora de alimentación o del mezclador externo tipo arrasadora.
- Un tanque de almacenamiento térmico para el cemento asfáltico.
- Un tambor de secado para secar y calentar el agregado.
- Un tambor de mezclado o mezclador externo tipo arrasadora para mezclar el agregado con el aglomerante de asfalto.
- Un silo de almacenamiento para recolectar temporalmente el concreto asfáltico.



*Panorama de la Planta*



- Un dispositivo de pesaje para colocar el AC dentro de los camiones para entregarse en la obra.
- Una planta de RAC añade equipo para mezclar el caucho molido con el cemento asfáltico (proceso en húmedo) o los agregados (proceso en seco).

**Pavimentadoras:** El RAC se coloca con una Pavimentadora mecánica, auto propulsada, convencional, diseñada específicamente para distribuir una capa de RAC (o cualquier mezcla de AC para pavimentación) a un espesor predeterminado.

**Aplanadoras:** La compactación se realiza con aplanadoras auto propulsadas, vibratorias con rodillos de acero. Las aplanadoras con llantas de caucho no están permitidas debido al potencial de captar material. El modo vibratorio se utiliza para distribuir cubiertas y el modo estático para la fase intermedia y de acabado del aplanado.



*Pavimentación en Hilera*

## PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

El pavimento existente que será recubierto deberá estar limpio con todas las grietas de más de 1/4 de pulgada, rellenas (no sobre rellenas) y con todas las secciones severamente deterioradas, eliminadas y remplazadas.

Las juntas longitudinales y transversales deberán ser fresadas. Una cubierta de imprimación aprobada (preferentemente asfalto de grado pavimentación) debe ser aplicada uniformemente al índice especificado, por encima de toda la superficie que será pavimentada.

## INSPECCIÓN EN LA PLANTA

La inspección en la planta es crucial para el éxito de todo proyecto de RAC.



Los problemas observados en la planta pueden ser corregidos inmediatamente para garantizar que el material entregado al sitio se encuentra de conformidad con las especificaciones.

Elementos importantes a observar en la planta:

- Verifique que las basculas han sido certificadas para precisión.
- Revise los contenedores de agregado para confirmar que se encuentra el material de tamaño adecuado en cada

contenedor.

- Revise los agregados fuera de la cinta transportadora de alimentación en frío para confirmar la granulometría adecuada.
- Monitoree los dispositivos de dosificación para verificar que la cantidad adecuada de caucho granulado se añada al cemento asfáltico y para garantizar que la cantidad adecuada de aglomerante de asfalto con caucho se añada a los agregados.
- Verifique la viscosidad del aglomerante de asfalto con caucho para asegurarse de que cumple con los requisitos y que el caucho granulado está completamente mezclado y ha interactuado con el cemento asfáltico.
- Tome muestras del caucho granulado, agregados, cemento asfáltico, aglomerante de asfalto con caucho, y mezcla de RAC para posibles pruebas de laboratorio. Haga las pruebas necesarias.
- Revise la temperatura del RAC en los camiones.
- Los camiones de transporte deben estar cubiertos (con lonas) para mantener la temperatura de la mezcla de RAC.
- Conserve una bitácora veraz de las muestras de pruebas, granulometría del agregado, cantidades de CRM, mediciones de viscosidad y temperaturas correspondientes del aglomerante de asfalto con caucho.



## INSPECCIÓN EN EL SITIO

En el sitio de construcción, usted tiene la oportunidad de ayudar a garantizar que los materiales y los procedimientos para asentar sean consistentes con aquellos que resultarán en un producto de alta calidad. Trabajando con el capataz del contratista, usted puede ayudar a resolver problemas potenciales y corregir irregularidades.

Es de extrema importancia, sin embargo, recordar que usted no debe dirigir la obra – eso es responsabilidad del contratista.



*Personal contratado en el sitio de construcción*

## Antes de Pavimentar

Para recubrimientos, revise las condiciones del pavimento existente y lo siguiente:

- ¿Las grietas de más de 1/4 de pulgada se rellenaron? ¿La aplicación de sellador es muy gruesa?
- ¿Las áreas severamente deterioradas se repararon?
- ¿Las juntas se fresaron?
- ¿La superficie está limpia?
- ¿La imprimación se aplicó adecuadamente?

Revise la temperatura ambiente y la temperatura del pavimento que será recubierto. Las especificaciones requieren una temperatura mínima del aire y del pavimento, de 55 °F y en aumento. A temperaturas mínimas, hay poco tiempo disponible para la compactación.

Inspeccione para garantizar que la pavimentadora y las aplanadoras son del tipo adecuado y que están en buenas condiciones de funcionamiento.

Verifique que la cantidad especificada de aplanadoras se encuentra en la obra y que esté presente un operador capacitado para cada una.

Recuerde, la compactación es la clave para un pavimento duradero y la compactación depende de la temperatura de la carpeta.

Debe haber una cantidad suficiente de aplanadoras de distribución para cubrir el ancho de cada paso de pavimentadora, inmediatamente detrás de la pavimentadora. El Greenbook exige más altas temperaturas para el suministro de la mezcla y la compactación que en las especificaciones de Caltrans. La compactación de distribución debe iniciar antes de que la temperatura de la mezcla caiga por debajo de los 290°F (Greenbook) o 280°F (Caltrans). Para cumplir con los requisitos de compactación, normalmente es necesario lograr al menos el 95% de la compactación requerida durante el aplanado de distribución, antes de que la temperatura de la carpeta caiga por debajo de los 260°F.

Verifique que el método de suministro del RAC sea el adecuado para la obra y las condiciones climáticas (camión volquete contra camión basculante). Cuando el clima es ligeramente frío, no se recomiendan las hileras.

## Durante la Pavimentación

- Recolecte los vales de carga regularmente y calcule el rendimiento para garantizar que se esté colocando el espesor adecuado.
- Verifique físicamente el espesor de la carpeta en zonas destacadas.
- Verifique que la pavimentadora está operando a una velocidad consistente con el suministro del material. Las pavimentadoras no debe de tener que esperar entre cargas de mezcla y las cargas de mezcla no deben esperar sin descargarse.
- Verifique que la altura de la regleta no haya sido ajustada innecesariamente



Aplanadora Vibratoria de Rodillos de Acero

## Observe las siguientes actividades:

- ¿Los camiones están cuidadosamente apoyados en la pavimentadora?
- ¿La pavimentadora está empujando los camiones?
- ¿El índice de carga del RAC a la tolva resulta en una tolva llena sin derramarse por los lados?
- ¿El volante de la aplanadora va hacia adelante?
- ¿Los rodillos de la aplanadora se mantienen húmedos para evitar que capturen la mezcla de RAC? ¿Las zapatas de limpieza (rasquetas) son eficaces?
- ¿El operador de la aplanadora está la dirección sobre el pavimento existente o recientemente enfriado?
- ¿El operador de la aplanadora ha aplanado las juntas adecuadamente y aplanado la carpeta del lado bajo hacia el lado alto?



Camión Basculante

*No use o permita aplanadoras con llantas de caucho en proyectos de asfalto con caucho*



Únicamente aplanadoras con rodillos de acero – el modo vibratorio es esencial para la cubierta de distribución

Inspeccione visualmente el RAC mientras los camiones lo vierten en la tolva, revisando lo siguiente:

- ¿La mezcla de RAC está humeante? (muy caliente)
- ¿La mezcla de RAC está rígida? (muy fría)
- ¿La mezcla de RAC es brillante o laxa? (Exceso de aglomerante – podría ser. Las mezclas de RAC podrían lucir vivas aún con el contenido correcto de aglomerante, por lo que se debe tomar una muestra y hacer pruebas de contenido de aglomerante).
- ¿La mezcla de RAC está segregada? (Mezclado o manejo inadecuado – podría ser. Las mezclas de granulometría irregular o abierta pueden lucir segregadas debido a escasos finos, por lo que se debe tomar una muestra y hacer pruebas de granulometría del agregado y del contenido del aglomerante).
- Verifique que la(s) aplanadora(s) de distribución esté (n) inmediatamente detrás de la pavimentadora y que el aplanado de distribución esté terminado antes de que la carpeta alcance los 260°F.

### **Después de Pavimentar**

- Revise la superficie compactada de pavimento en busca de marcas de aplanadora, rayones, irregularidades, suavidad, etc.
- Verifique la compactación relativa por medio de un medidor nuclear o pruebas de laboratorio de núcleos de pavimento.
- Revise las juntas longitudinales y transversales buscando uniformidad, textura y conducción.
- Conserve un registro preciso de las toneladas colocadas y del área que fue pavimentada. Anote cualquier carga rechazada o acontecimiento inusual.

## CONCLUSIÓN

El RAC es un producto comprobado que extenderá los fondos de mantenimiento de caminos de su agencia y ayudará a reducir las pilas acumuladas de llantas de desecho en California. Al ser utilizado en las situaciones adecuadas y construido apropiadamente, el RAC producirá un camino seguro, de alta calidad, durable y silencioso que es más rentable que el concreto asfáltico convencional. Sin embargo, ¡la construcción de calidad es imprescindible!

Como los ojos y oídos de la agencia que usted representa, usted tiene a cargo una gran responsabilidad. Cada proyecto ha sido designado conforme a un criterio aceptado utilizando especificaciones que son, en realidad, requisitos mínimos para la calidad de los materiales y de la mano de obra. Su trabajo es verificar que el producto de campo final se encuentre conforme a los planos y especificaciones. Esta es una labor importante. Que merece de toda su atención.

Recuerde: La construcción de calidad solo puede obtenerse por medio de la inspección de calidad... ¡usted es la clave!



## GLOSARIO

**Aglomerante de asfalto con caucho (ARB, por sus siglas en inglés)** – es utilizado en diversos tipos de construcción de pavimento flexible, incluyendo tratamientos superficiales y mezclas calientes. De acuerdo a la definición de la ASTM (ASTM D 8, Vol. 4.03, “Materiales para Calles y Pavimentos” del Libro Anual de 2006 de Estándares de la ASTM) el asfalto con caucho es “una mezcla de cemento asfáltico, caucho recuperado de llanta y ciertos aditivos, en la que el componente de caucho es de al menos el 15 por ciento del peso total de la mezcla y que ha reaccionado lo suficiente para provocar la expansión de las partículas de caucho”. Por definición, el aglomerante de asfalto con caucho se prepara utilizando el “proceso en húmedo”. Las especificaciones de Caltrans para las propiedades físicas del ARB caen dentro de los rangos señalados en el ASTM D 6114, “Especificación Estándar para Aglomerantes de Asfalto con Caucho,” también localizados en el Vol. 4.03. El caucho reciclado de llanta se utiliza para el caucho recuperado y es conocido actualmente como modificador de caucho granulado (CRM). El cemento asfáltico y el CRM se mezclan e interactúan a elevadas temperaturas y bajo agitación intensa para promover la interacción física de los componentes del cemento asfáltico y del CRM. Durante la elaboración y almacenamiento del ARB, se requiere de agitación para mantener las partículas de CRM suspendidas en la mezcla. Podrían agregarse distintos destilados del petróleo o aceites diluyentes para reducir la viscosidad, facilitar las aplicaciones con pulverizador y favorece la trabajabilidad. (Consulte Proceso en Húmedo)

**Llantas de Automóvil** – Llantas con un diámetro exterior menor a 26 pulgadas (660 mm) usadas en automóviles, camionetas y camiones ligeros.

**Modificador de Caucho Granulado (CRM, por sus siglas en inglés)** – término general para el caucho de residuos de llanta que se reduce en tamaño para su uso como modificador en materiales de pavimentación asfáltica. Diversos tipos se definen aquí. Una variedad de procesos y equipos pueden ser utilizados para lograr la reducción de tamaño, como se indica a continuación:

### Tipos de CRM

**Modificador de caucho granulado triturado** – Partículas de caucho triturado, rasgadas, de tamaño irregular, con un área superficial grande. Es producido generalmente con una trituradora de rodillos.

**Caucho de Alto Contenido Natural (Hi Nat, por sus siglas en inglés)** – Producto de caucho triturado que incluye un 40 a 48 por ciento de caucho natural o isopreno y un mínimo de 50 por ciento de caucho de hidrocarburos, conforme a los requisitos de Caltrans. Las fuentes del caucho de alto contenido natural incluyen caucho de residuos de llanta de algunos tipos de llantas de transporte pesado, pero no se limitan a residuos de llanta. Otras fuentes de caucho de alto contenido natural, incluyen desperdicios de las pelotas de tenis y tapetes de hule.

**Desechos de pulido** – caucho de alta calidad de residuos de llanta, que es un subproducto del acondicionamiento del cuerpo de la llanta, en preparación para una nueva banda de rodamiento o recauchutado. La viruta de pulido prácticamente no contiene metal o fibra.

**Caucho de banda de rodamiento** – caucho de residuos de llanta que consta principalmente de caucho de banda de rodamiento con menos de aproximadamente 5 por ciento de caucho de la pared lateral.

**Corteza de banda de rodamiento** – piezas de caucho de residuos de la banda de rodamiento de la llanta que también son un subproducto de las operaciones de colocación de una nueva banda de rodamiento o recauchutado, que contiene poca o ninguna cuerda de llanta.

**Caucho de llanta entera** – caucho de residuos de llanta que incluyen la banda de rodamiento y las paredes laterales en proporciones que se aproximan a los respectivos pesos en una llanta promedio.

## **Métodos de Elaboración del CRM**

**Trituración Templada** - método de procesamiento en el cual el caucho de residuos de llanta es triturado o procesado a o por encima de la temperatura ambiente normal. El procesamiento templado es requerido normalmente para producir partículas rasgadas de forma irregular con un área superficial relativamente grande que favorecen la interacción con el pavimento asfáltico.

**Trituración Criogénica** – proceso que utiliza nitrógeno líquido para congelar el caucho de residuos de llanta hasta que se torna quebradizo y es entonces que se utiliza un molino de martillo para romper el caucho congelado en partículas suaves con un área superficial relativamente pequeña. Este método es utilizado para reducir el tamaño de las partículas antes de someterse a una trituración final a temperatura ambiente.

**Granulado** – produce partículas de caucho de corte granulado, cúbicas, de tamaño uniforme con un área superficial reducida.

**Molimiento** – proceso que reduce las llantas trituradas a piezas de 6 in<sup>2</sup> (0.023 m<sup>2</sup>) y menores antes del granulado o de la trituración templada.

## **Equipo de Procesamiento de CRM**

**Trituradora de Rodillos** – aparato normalmente usado para la trituración templada, que desgarrar el caucho de los residuos de llanta pasando el material entre tambores rotatorios de acero corrugado, reduciendo el tamaño del caucho a partículas granulares, generalmente del tamaño de criba No. 4 al No. 40 (4.75 mm a 425 mm).



**Granulador** – aparato que recorta el caucho de los residuos de llanta, cortando el caucho con placas giratorias de acero que pasan una tolerancia cerrada, reduciendo el caucho a partículas cúbicas, generalmente del tamaño de criba de 3/8 in. al No. 10 (9.5 mm a 2.0 mm).

**Micro-trituración** – proceso que tritura adicionalmente las partículas de caucho triturado por debajo del tamaño de criba No. 40 (425  $\mu$ m).

**Granulometría Densa** – se refiere a una mezcla de agregado de granulometría continua, normalmente utilizada para hacer pavimentos de concreto asfáltico de mezcla caliente (HMA, por sus siglas en inglés) con aglomerantes convencionales o modificados.

**Caucho Desvulcanizado** – caucho que ha sido sujeto a tratamiento por calor, presión o de adición de agentes suavizantes después de la trituración para alterar las propiedades físicas y químicas del material reciclado.

**Diluyente** – producto de petróleo más ligero (normalmente queroseno o un producto similar con el mismo tipo de características solventes), agregado al aglomerante de asfalto con caucho justo antes de que el aglomerante se pulverice sobre la superficie de pavimento para la aplicación de sellos de gravilla. El diluyente adelgaza el aglomerante para facilitar la ventilación y la aplicación uniforme de la pulverización, y después se evapora con el tiempo sin causar cambios importantes a las propiedades del asfalto con caucho. El diluyente no se utiliza en el ARB para hacer HMA y no es recomendable su uso en capas intermedias que serán recubiertas con HMA en menos de 90 días debido a la evaporación en proceso de los compuestos volátiles.

**Proceso en seco** – cualquier método que incluya CRM de residuos de llanta como sustituto de un 1 a un 3 % de agregado en una mezcla de concreto asfáltico para pavimentación, no como parte del aglomerante de asfalto. El CRM actúa como un agregado de caucho en la mezcla de pavimentación. Este método aplica únicamente para la producción de mezclas de AC modificado con CRM. Una variedad de granulometría de CRM ha sido utilizada, en rangos que incluyen desde caucho grueso (de tamaño de criba de 1/4 in. hasta más No. 8 (6.3 a 2.36 mm)), hasta CRM de tamaño “Ultrafino”, menos No. 80 (180  $\mu$ m). Caltrans cuenta con una disposición especial para RUMAC que incluye una especificación de granulometría intermedia de CRM. Debe tenerse especial cuidado durante el diseño de la mezcla para hacer los ajustes adecuados para la gravedad específica baja del CRM en comparación con el material del agregado para confirmar el análisis volumétrico adecuado. Se han establecido diversos métodos para la alimentación del CRM en seco con el agregado hacia las unidades de la planta para mezclar en caliente antes de que se cargue a la mezcla el cemento asfáltico. Aunque podría haber cierta interacción limitada del CRM con el cemento asfáltico durante la mezcla en la planta de AC, en el silo de almacenamiento, en la transportación, en la colocación y en la compactación, no se considera que el cemento asfáltico sea modificado en proceso en seco.

**Aceite Diluyente**– aceite aromático utilizado para favorecer la reacción del cemento asfáltico y el modificador de caucho granulado.

**Capa de Desgaste** – aplicación de asfalto emulsionado diluido sobre una superficie de pavimento para extender la vida del pavimento y que también podría utilizarse para evitar pérdida de roca en los sellos de gravilla u ondulaciones en el HMA.

**Granulometría Irregular** – agregado cuya granulometría no es continua para todos los tamaños de fracciones, pero que normalmente pierde o contiene pocas fracciones de los tamaños más finos (menos No. 8 (2.36 mm) o más finas). Dicha granulometría, normalmente traza por debajo de la línea de densidad máxima en un 0.45 de la gráfica de capacidad granulométrica. La granulometría irregular se utiliza para favorecer el contacto de piedra con piedra en el HMA y es similar a la granulometría utilizada en el asfalto de matriz de piedra (SMA), pero con relativamente menos porcentaje de fragmentos de tamaño de criba No. 200 (75 µm). Este tipo de granulometría es más frecuentemente utilizado para elaborar mezclas de concreto asfáltico con caucho de granulometría irregular (RAC-G, por sus siglas en inglés) para pavimentación.

**Interacción** – el intercambio físico entre en cemento asfáltico y el CRM cuando se mezclan entre sí a elevadas temperaturas, lo cual incluye la expansión de las partículas de caucho y el desarrollo de las propiedades físicas específicas de la mezcla de asfalto y CRM para cubrir los requisitos. Aunque se le conoce frecuentemente como reacción, la interacción no es una reacción química, sino más bien, una interacción física en la cual el CRM absorbe aceites aromáticos y fracciones ligeras (pequeñas moléculas activas o volátiles) del cemento asfáltico y libera algunos de los aceites similares utilizados en la composición del caucho, en el cemento asfáltico. La interacción puede ser definida más adecuadamente como expansión del polímero.

**Agregado Ligero** – agregado poroso de muy baja densidad, como la arcilla expandida, la cual se fabrica normalmente. Ha sido utilizado en sellos de gravilla para reducir el daño a parabrisas.

**Granulometría abierta** – granulometría del agregado que se pretende que sea permeable y consta principalmente de 2 o 3 tamaños nominales de partículas de agregado con pocas partículas finas y de 0 a 4 por ciento de la masa pasando la criba No. 200 (0.075 mm). La granulometría abierta se utiliza en aplicaciones de mezcla caliente para proporcionar superficies relativamente delgadas o capas de rodadura con buenas características de fricción que drenen rápidamente el agua de la superficie para reducir el hidroplaneo, las salpicaduras y la dispersión.

**Reacción** – término comúnmente utilizado para denominar la interacción entre el cemento asfáltico y el modificador de caucho granulado cuando se mezcla entre sí a temperaturas elevadas (consulte, Interacción).

**Caucho reciclado de llanta** – caucho obtenido del procesamiento de llantas de automóvil, camioneta o autobús usadas (esencialmente llantas para autopista o “sobre la carretera”). Los requisitos químicos para el caucho de residuos de llanta tienen el propósito de eliminar fuentes inadecuadas de caucho de residuos de llanta como lo son las llantas sólidas; las llantas de montacargas, aeronaves y equipos de movimiento de tierra; y otras llantas no automotrices que no proporcionan los componentes adecuados para la interacción del asfalto con caucho. Las fuentes de caucho que no son llantas pueden ser utilizadas únicamente para proporcionar Caucho de Alto Contenido Natural para complementar el caucho reciclado de llanta.

**Asfalto con Caucho** – cemento asfáltico modificado con CRM que podría incluir menos del 15 por ciento de CRM del total de la masa y por tanto, podría no cumplir con la definición de la ASTM de asfalto con caucho (ASTM D 8, Vol. 4.03). En el pasado, las mezclas terminales

(aglomerantes de asfalto modificado con CRM de proceso en húmedo sin agitación, incluyendo los materiales de los Aglomerantes Modificados [MB, por sus siglas en inglés]) normalmente han caído en esta categoría.

**Concreto asfáltico con caucho (RAC, por sus siglas en inglés)** – material producido para aplicaciones de mezcla caliente al mezclar aglomerantes de asfalto con caucho o asfalto de goma con un agregado de cierta granulometría. El RAC puede ser de granulometría densa, irregular o abierta.

**RUMAC** – tipo genérico de proceso húmedo para mezclas de RAC que ha tomado el lugar de los exclusivos sistemas de procesos en seco, tales como el PlusRide.

**Membrana de Absorción de Esfuerzos (SAM, por sus siglas en inglés)** – un sello de gravilla que consta de un aglomerante caliente de asfalto con caucho pulverizada sobre una superficie existente de pavimento, seguido inmediatamente por una aplicación de una cubierta de agregado de tamaño uniforme, el cual es después aplanado e incrustado a la membrana del aglomerante. Su grosor nominal, es generalmente del rango de entre 3/8 y 1/2 pulgada (9 y 12 mm) dependiendo del tamaño de la cubierta de agregado. Una SAM es un tratamiento superficial que se utiliza principalmente para restaurar las características de fricción de la superficie, sellar grietas y proporcionar una membrana a prueba de agua para minimizar la intrusión de agua superficial al interior de la estructura del pavimento. Las SAM se utilizan para la preservación, mantenimiento y reparación limitada del pavimento. Las SAM de asfalto con caucho minimizan el agrietamiento reflexivo del asfalto deteriorado subyacente o del pavimento rígido y pueden ayudar a mantener la funcionalidad del pavimento pendiente de rehabilitación u operaciones de reconstrucción.

**Membrana de Capa Intermedia de Absorción de Esfuerzos (SAMI, por sus siglas en inglés)** - originalmente definida como la aplicación con pulverizador de un aglomerante de asfalto con caucho y una cubierta de agregado. Sin embargo, las capas intermedias actualmente podrían incluir sellos de gravilla de asfalto con caucho (SAMI-R), textiles (SAMI-F, por sus siglas en inglés) o de agregado sin aglomerar.

**Membrana de Capa Intermedia de Absorción de Esfuerzos con Caucho (SAMI-R, por sus siglas en inglés)** – SAMI-R es una SAM de asfalto con caucho que se superpone con una mezcla de pavimento asfáltico que puede o no incluir CRM. La SAMI-R retrasa la propagación de las grietas (agrietamiento reflexivo) mediante el nuevo recubrimiento.

**Mezcla Terminal** – Consulte Proceso en Húmedo – Sin Agitación.

**Llantas de camión** – llantas con un diámetro exterior mayor a 26 pulgadas (660 mm) y menor a 60 pulgadas (1520 mm); usadas en camiones comerciales y autobuses.

**Viscosidad** – es la propiedad de resistencia al flujo (fuerzas de corte) en un fluido o semifluido. Los fluidos espesos como el asfalto con caucho tienen alta viscosidad; el agua tiene baja viscosidad. La viscosidad se especifica como una medida de control de calidad en campo para la producción de asfalto con caucho y su utilización en mezclas con RAC.

**Caucho vulcanizado** – caucho crudo o sintético que ha sido sujeto a tratamiento con sustancias químicas, calor y /o presión para mejorar la resistencia, estabilidad, durabilidad, etc. El caucho de las llantas está vulcanizado.

**Proceso en Húmedo** – método para modificar cemento asfáltico con CRM elaborado de caucho de residuos de llanta y otros componentes, conforme a los requisitos antes de incorporar el aglomerado a los materiales de pavimentación asfáltica. Caltrans requiere el uso de aceite diluyente y la adición de CRM de alto contenido natural. El proceso en húmedo requiere un mezclado exhaustivo del CRM en cemento asfáltico caliente (375°F a 435°F, 190°C a 224°C) y mantener la mezcla resultante a temperaturas elevadas (de 375°F a 425°F, 190°C a 218°C) por un periodo de tiempo mínimo determinado (normalmente de 45 minutos) para promover una interacción entre el CRM y el asfalto. Los requisitos de las especificaciones de Caltrans incluyen un rango de operación para viscosidad rotacional y penetración de cono, y un valor mínimo para el punto de reblandecimiento y la resiliencia.

El proceso en húmedo puede utilizarse para producir una gran variedad de aglomerantes modificados con CRM que tienen rangos correspondientes respectivos de las propiedades físicas. Sin embargo, las distinciones más importantes entre las distintas mezclas parecen estar relacionadas con la viscosidad rotacional de la mezcla resultante de CRM - cemento asfáltico a alta temperatura (el umbral es 1,500 centipoises (cPs) o 1.5 Pa/s a 375°F [190°C] dependiendo de la especificación gobernante) y al hecho de si la mezcla requiere o no de agitación constante para mantener una distribución relativamente uniforme de las partículas de caucho. La viscosidad está fuertemente relacionada con el tamaño de las partículas del CRM de llanta triturada y del contenido de caucho de llanta en el aglomerante modificado con CRM. La granulometría de CRM utilizada en el proceso en húmedo es típicamente de tamaño de criba menos No. 10 (2 mm) o más fina. Debe asumirse que los aglomerantes modificados con CRM con viscosidades = 1,500 cPs a 375°F (190°C) requieren agitación.

**Proceso en Húmedo - Sin Agitación:** una forma de proceso en húmedo donde el CRM se mezcla con el cemento asfáltico caliente en una refinería o en una terminal de almacenamiento y distribución de asfalto y se transporta a la planta de mezclado de HMA o al sitio de trabajo para su uso. Este tipo de asfaltos con caucho (que incluyen a los Aglomerantes Modificados con Caucho, RMB) no requieren de agitación constante para mantener a las partículas de CRM uniformemente distribuidas en el aglomerante modificado. El término “mezcla terminal” se utiliza frecuentemente para describir a dichos materiales, aunque también podrían ser producidos en el campo. Por tanto, nombrarlos mezclas terminales es innecesariamente restrictivo y la descripción predilecta para este tipo de aglomerantes es “proceso en húmedo - sin agitación”. Tales aglomerantes son modificados normalmente con partículas de CRM más finas que el tamaño de criba del No. 50 (300 µm) que pueden ser digeridas (desechas y derretidas) relativamente rápido y/o pueden mantenerse dispersas por la circulación normal dentro del tanque de almacenamiento, en lugar de por la agitación de brocas o paletas especiales. También podrían incluirse polímeros y otros aditivos. En el pasado, los contenidos de caucho para mezclas de este tipo han sido generalmente = 10% de la masa del asfalto o del total del aglomerante (lo cual no satisface la definición D 8 de la ASTM para asfalto con caucho), pero informes recientes indican que algunos productos en California incluyen ahora 15% o más de CRM. Aunque tales aglomerantes pueden desarrollar un nivel considerable de modificación con caucho, los valores de viscosidad rotacional raras veces se acercan al rango mínimo de 1500 (cPs) o 1.5 Pa/s a 375°F (190°C), que es necesario para incrementar significativamente los contenidos del aglomerante por encima de las mezclas convencionales HMA sin escurrimiento excesivo.

**Proceso en Húmedo - Alta Viscosidad** – aglomerantes de asfalto modificados con CRM que mantienen o exceden el rango mínimo de viscosidad rotacional de 1,500 cPs a 375°F (190°C) por un periodo de interacción deben describirse como aglomerantes de “proceso en húmedo – alta viscosidad” para distinguir sus propiedades físicas de aquellos materiales de proceso en húmedo - sin agitación. Dichos aglomerantes requieren de agitación para mantener las partículas de CRM uniformemente distribuidas. Éstos podrían ser fabricados en grandes tanques estacionarios o en unidades de mezclado móviles que los bombean hacia tanques agitadores o tanques móviles de almacenamiento. Los aglomerantes de proceso en húmedo – alta viscosidad incluyen materiales de asfalto con caucho que cubren los requisitos de la ASTM D6114. Los aglomerantes de proceso en húmedo – alta viscosidad normalmente requieren de al menos un 15% de caucho de residuos de llanta para alcanzar el rango de viscosidad. Caltrans requiere un mínimo de contenido total de CRM del 18%.

## **Agregados para Concreto Asfáltico**

### **Clasificación de Rocas**

- Sedimentaria.
- Ígnea.
- Metamórfica.

### **Fuentes de Agregado**

- Agregados Naturales - grava, arena.
- Agregados Procesados – agregado molido.
- Agregados Sintéticos – escorias de alto horno.

### **Tamaño Máximo de la Partícula y Granulometría**

- Específicos para cada mezcla de concreto asfáltico para pavimentación.
- Agregado grueso – retenido en la criba No. 4.
- Agregado fino - pasa la criba No. 4.
- Relleno mineral /polvo – pasa la criba No. 200.

### **Gravedad Específica**

- Los agregados de gravedad específica baja cubren un mayor volumen por tonelada y, por tanto, requieren un mayor porcentaje de cemento asfáltico.
- Los agregados de gravedad específica alta cubren un menor volumen por tonelada y, por tanto, requieren un menor porcentaje de cemento asfáltico.

### **Limpieza**

- Libre de material inadecuado.
- Resistencia.
- Resistente a la abrasión.

## **Forma de la Partícula**

- Partículas molidas se entrelazan para proporcionar resistencia.
- Partículas finas, redondas proporcionan trabajabilidad, pero actúan como rodamientos de bolas en la mezcla, de modo que el contenido debe ser limitado. Muchas agencias limitan este tipo de materiales a un máximo de 15% del total del agregado para minimizar los efectos adversos al entrelazarse el agregado y los VMA.

## **Textura de la Superficie**

- El asfalto tiende a pelarse de superficies lisas.

## **Capacidad Absorbente**

- La habilidad para absorber asfalto influencia la cantidad total de asfalto requerido. Mucha capacidad de absorción incrementa el contenido del aglomerante.

## **Afinidad con el Asfalto**

- Habilidad del agregado para adherirse al aglomerante asfáltico.

## **Asfalto**

### **Características**

- Material cementoso, negro, hecho en gran medida de hidrocarburos.
- Material plástico visco-elástico – quebradizo y duro cuando está frío; suave y viscoso cuando está caliente.

### **Clasificaciones**

- Cemento asfáltico (asfalto de grado de pavimentación).
- Asfalto líquido (mezclado con rebajadores) - no utilizado en el RAC.
- Asfalto emulsionado (mezclado con agua) - no utilizado en el RAC.

### **Propiedades Físicas**

- Durabilidad.
- Adhesión.
- Susceptibilidad a la temperatura – la modificación con CRM reduce la susceptibilidad a la temperatura.
- Envejecimiento y endurecimiento.

## **Pruebas para Asfaltos**

Las siguientes pruebas se utilizan para aglomerantes de asfalto con caucho, pero no para pruebas de asfalto con Grado Desempeño (PG, por sus siglas en inglés).

**Viscosidad** – habilidad para fluir, consistencia – dependiente de la temperatura.

**Penetración** – valor de dureza, también medida de consistencia a una sola temperatura.

**Punto de ignición** - temperatura a la que la muestra se "enciende" ejemplo, arde en llamas.

**Prueba de Película Delgada /Prueba Rotatoria de Película Delgada** – métodos para envejecimiento.

**Ductilidad** – partículas separadas de CRM afectan los resultados de las pruebas, normalmente muestran fracturación temprana.

**Estabilidad** – limitado a las emulsiones. Para aglomerantes sin agitación, use la prueba de separación y las pruebas de cumplimiento de las especificaciones para evaluar la estabilidad de las propiedades.

**Gravedad Específica** – usada en cálculos volumétricos de diseño de mezcla y para dosificación durante la producción de la mezcla.

## **Métodos de Diseño de Mezclas**

- Método Marshall de Diseño de Mezcla.
- Mezclas para pavimentación de asfalto de mezcla caliente, tamaño máximo del agregado de una pulgada (para moldes de 4 pulgadas).
- Determina el contenido óptimo de cemento asfáltico para una mezcla particular de agregados.
- Las características principales son: 1) un análisis de densidad/vacíos y 2) una prueba de estabilidad / flujo Marshall.

## **Método HVEEM de Diseño de Mezclas**

- Pavimento de mezcla caliente, agregado de tamaño máximo de una pulgada de
- Las características principales son:
- Equivalente Centrífugo de Queroseno.
- Prueba de Estabilidad Hveem.
- Prueba de expansión. (permeabilidad)
- Vacíos de aire.
- Exudación: sangrado/lorado.

## **Características de Diseño de Mezclas**

- El diseño de mezclas de las mezclas para pavimentación asfáltica y de asfalto de goma es un intercambio entre el alto contenido de aglomerante para perfeccionar la durabilidad a largo plazo y el desempeño, y el suficiente espacio de vacío en posición para evitar ahuellamiento, inestabilidad, sangrado y llorado.
- Los vacíos de aire proporcionan espacios para el movimiento del aglomerante de cemento asfáltico o de un aglomerante de asfalto con caucho dentro de la mezcla compactada.
- Un contenido alto de vacíos de aire indica una densidad relativamente baja y permeabilidad incremental de la mezcla compactada. El objetivo máximo de diseño es 6% de vacíos de aire, para alto volumen especial y/o condiciones climáticas calientes.
- Una densidad baja resulta normalmente en corrimiento y/o peladuras, mayor susceptibilidad al envejecimiento, fatiga y daño ambiental, y reducida vida de servicio relativa.
- Un contenido bajo de vacíos de aire indica una densidad relativamente alta y una tendencia incremental de exudación del asfalto, el ahuellamiento y la corrugación en la mezcla de asfalto. El objetivo mínimo de diseño es 3% de vacíos de aire.
- La densidad alta también mejora la Resistencia a la fatiga y al daño ambiental, la durabilidad y el desempeño a largo plazo, en tanto que los vacíos de aire en posición sean suficientes para prevenir sangrado o inestabilidad.

## **Vacíos en el Agregado Mineral (VMA, por sus siglas en inglés)**

- Total de vacíos excluyendo aquellos permeables al agua y asfalto. Los VMA son una función de la granulometría del agregado, forma de las partículas y textura.
- Los VMA adecuados proporcionan suficiente espacio para el aglomerante, lo cual resulta en una película asfalto de espesor duradero.

## **Diseño del Contenido de Asfalto**

- Depende de la granulometría del agregado (particularmente los VMA), la habilidad para absorber el asfalto y el esfuerzo y tipo de compactación. Los métodos Hveem y Marshall producirán diferentes resultados para la misma mezcla.
- El relleno mineral afecta en gran medida el diseño de contenido del aglomerante asfáltico. Demasiado relleno cubre los vacíos, reduce los VMA y tiene alta demanda para el aglomerante, lo que resulta en una mezcla seca. Muy poco relleno resulta en una mezcla húmeda. Sin embargo, se utiliza una pequeña cantidad de relleno en las mezclas RAC debido a las limitaciones en el porcentaje que pasa la criba de tamaño No. 200.



## **Propiedades de Diseño de Mezclas**

### **Estabilidad**

- Habilidad para resistir el corrimiento y el ahuellamiento, ejemplo, deformación permanente.
- Dependiente de la fricción interna de los agregados (entrelazado) y de la cohesión del aglomerante de asfalto a la superficie de agregado.
- Las partículas angulares de agregado con una superficie de textura áspera resultan en pavimentos de estabilidad alta.

### **Durabilidad**

- Habilidad para resistir a los cambios en el asfalto, (polimerización y oxidación) desincrustación del agregado y peladuras en la película de asfalto.
- La durabilidad puede mejorarse incrementando el aglomerante de asfalto y alcanzando la compactación adecuada.

### **Impermeabilidad**

- Relacionada con el contenido de vacíos de aire y con las características de los vacíos (si están interconectados, el tamaño de los vacíos y si los vacíos están ubicados en la superficie). El tamaño de los vacíos se relaciona con el tamaño de las partículas del agregado; mezclas de piedras grandes tienen vacíos individuales más grandes.

### **Trabajabilidad**

- La trabajabilidad describe la facilidad con la que la mezcla puede ser colocada y compactada.
- Las mezclas ásperas (agregado grueso, pocos finos) tiende a presentar baja trabajabilidad – las mezclas RAC-G no son aptas para trabajo manual.
- Las mezclas blandas (demasiada arena o partículas de agregado redondas) tienden a correrse durante el aplanamiento.
- La temperatura de la mezcla afecta en gran medida la trabajabilidad.

### **Flexibilidad**

- Habilidad para ajustarse a los cambios graduales en la subrasante o por la presión desigual en los recubrimientos sin agrietarse aplicados a lo largo de grietas.
- Las mezclas de granulometría abierta o irregular tienen más flexibilidad que las mezclas de granulometría densa, dado que tienen mayor contenido de aglomerante de asfalto con caucho y, por tanto, se utilizan cuando se desea resistencia al agrietamiento reflexivo.

## **Resistencia a la Fatiga**

- Habilidad para resistir la deformación y flexión repetida bajo las cargas de tránsito
- Un contenido bajo de vacíos de aire y un contenido alto de asfalto incrementan la resistencia a la fatiga.
- Los aglomerantes de asfalto-caucho de alta viscosidad han demostrado ser altamente resistentes al agrietamiento por fatiga.

## **Resistencia al Deslizamiento**

- Mide la habilidad de la superficie de asfalto a resistir al deslizamiento o derrapamiento de las llantas de los vehículos. Los pavimentos rugosos tienen una mayor resistencia al deslizamiento que los pavimentos lisos o exudados.

## **Fallas Típicas del Pavimento Asfáltico**

### **Fallas en los Bordes**

- Espesor insuficiente, falta de soporte lateral, base saturada o cargas de tráfico pesado.

### **Superficie Desgastada o Seca**

- Contenido insuficiente de aglomerante durante la elaboración de la mezcla, pérdida de aglomerante debido a peladuras u ondulaciones, sobrecalentamiento o agregados absorbentes.

### **Baches**

- Falla estructural ocasionada por la falta de base y/o soporte del subrasante, insuficiente espesor del pavimento o mezcla segregada. La infiltración de agua es generalmente un importante factor de contribución.

### **Agrietamiento Piel de Cocodrilo (por Fatiga)**

- Falla estructural ocasionada por la falta de base y/o soporte del subrasante, insuficiente espesor del pavimento, aglomerante insuficiente o envejecido, o saturación de agua

### **Sangrado (exudación) e Inestabilidad**

- Contenido excesivo de aglomerante, imprimación pesada, exceso de finos en el agregado, agregados redondos, bajo contenido de vacíos de aire.

### **Ondulaciones**

- Mezcla delgada (con bajo contenido de aglomerante) o sobrecalentada.
- Baja densidad/mala compactación.

### **Deslizamiento**

- Alta presión de corte, falta de adherencia con la capa subyacente debido a la imprimación inadecuada o a la limpieza inadecuada de la superficie existente.

### **Peladuras**

- Pérdida de aglomerante, más frecuentemente, ocasionadas por daños por humedad o por las características de la superficie de agregado.

### **Erosión Superficial**

- Paso o estancamiento de agua en el pavimento por largos periodos de tiempo.
- Agregados blandos.

### **Agrietamiento Longitudinal o Transversal**

- Agrietamiento reflexivo del pavimento existente – difícil de prevenir. La resistencia al agrietamiento reflexivo es uno de los principales beneficios de desempeño de las mezclas calientes de asfalto-caucho.
- El agrietamiento longitudinal usualmente se manifiesta a lo largo de las juntas del pavimento; si se localiza en las trayectorias de las ruedas, es un antecesor de agrietamiento piel de cocodrilo.