

VALORACIÓN DE LOS ÁRIDOS DE OCCIDENTE PARA SU APLICACIÓN EN LOS SELLOS DE LECHADAS ASFÁLTICAS

Rosa Herrera de la Rosa¹

¹Investigador Auxiliar, Centro de Investigación y Desarrollo de la Construcción, Calle Línea No 810 esq. Carretera de Casablanca, Casablanca, Municipio Regla, Provincia La Habana, email: rosita@cidc.cu

RESUMEN

La búsqueda de nuevas técnicas de conservación vial, que permitan reducir los costos de mantenimiento y sean respetuosas con el medio ambiente, resulta esencial en la industria del asfalto en Cuba.

Los principales materiales utilizados en la fabricación de la lechada asfáltica son áridos y emulsiones asfálticas. De aquí la importancia de la evaluación adecuada de los áridos que se emplearán en la fabricación de las mismas. Características como granulometría, afinidad, limpieza y resistencia al desgaste son prioritarias en los áridos empleados en las lechadas asfálticas.

El trabajo realiza un resumen bibliográfico de los principales requisitos que deben cumplir los áridos para lechadas asfálticas, considerados en las regulaciones de diferentes países, y efectúa una valoración del cumplimiento de la producción de áridos que se comercializan en la región occidental de Cuba, en relación a dichos requisitos.

Del resultado del análisis se obtiene que los áridos de occidente se ajustan a los requisitos de calidad recomendados por la normativa ISSA, con una distribución granulométrica solamente ajustada para el tipo II de lechada.

Palabras claves: áridos, lechadas asfálticas, mezclas asfálticas, tratamientos superficiales.

EVALUATION OF THE AGGREGATES OF THE WESTERN ZONE OF CUBA FOR APPLICATION ON SLURRY SEALS

ABSTRACT

The search for new road conservation techniques, which will reduce maintenance costs and be environmentally friendly, is essential in the Cuban asphalt industry.

The main materials used in the manufacture of slurry seal are mineral aggregate and emulsified asphalt. Hence the importance of proper assessment of aggregates to be used in the manufacture of the slurry. Characteristics such as gradation, affinity, cleaning, wear resistance are priority in aggregates used in slurry seal.

The work provides a bibliographic summary of the main requirements that needs to comply by aggregates for slurry seal, considered in the regulations of different countries, and assesses the compliance with the production of aggregates produced in the western region of Cuba, in relation to these requirements.

From the result of the analysis it is obtained that western aggregates comply with the quality requirements recommended by ISSA, with aggregate gradation only adjusted for the type of sealing II.

Keywords: aggregate, asphalt mix, slurry seal.

Nota Editorial: Recibido: abril 2021; Aceptado: junio 2021

1. INTRODUCCIÓN

La conservación de la red viaria es en la actualidad un aspecto de gran importancia debido a los recursos que moviliza. El presupuesto necesario para el mantenimiento, así como los problemas ambientales que de él se derivan, justifican la búsqueda de nuevas técnicas que permitan reducir costos y sean respetuosas con el medio ambiente.

Se reconoce internacionalmente que la alternativa más económica está vinculada con la conservación preventiva del pavimento, que tiene como objetivo restablecer o mejorar las características funcionales (seguridad, confort, etc.) y proteger al pavimento para lograr una mayor impermeabilidad, uniformidad etc., que a su vez se traduzca en una mayor durabilidad [1-16].

Los sellos de lechadas asfálticas, o slurry seal según su terminología en inglés, son empleadas por la mayoría de las organizaciones de carreteras para mantener y extender la vida de servicio de sus pavimentos, dado

que la misma permite la rehabilitación de las características superficiales, tales como la textura superficial, muy importante en términos de seguridad vial, el relleno de grietas y huecos, y el sellado contra los agentes climatológicos. No solo permite la corrección de estos problemas, sino además permite la prevención de los mismos, en tanto, utilizada sobre pavimentos nuevos, la lechada asfáltica evitará el deterioro del firme, la oxidación, pérdida de aceites, pérdida de árido y la fragilidad de la mezcla, y proporciona finalmente un mayor valor estético al pavimento [1-16].

Los principales materiales utilizados en la fabricación de la lechada asfáltica incluyen a los áridos y las emulsiones asfálticas, sin embargo, de acuerdo a los procesos químicos que se desarrollan en las lechadas, conviene tratar el árido de manera diferenciada [14]. Características como granulometría, afinidad, limpieza y resistencia al desgaste, son prioritarias en los áridos empleados en las lechadas asfálticas.

La norma cubana referida a los requisitos que deben cumplir los áridos para mezclas asfálticas, es muy limitada en cuanto a las propiedades que deben cumplir los áridos para este tipo de mezcla [17], por lo que para la determinación de los requisitos de los áridos que componen las lechadas asfálticas se revisaron diferentes documentos y regulaciones elaboradas por varios países [1,2,6,7,9,11,12,13]. En este sentido se determinó que existen dos tendencias, principalmente en cuanto a tamaño del árido a utilizar: La primera, los que siguen las recomendaciones de la Asociación Internacional de Sellos de Lechada de Estados Unidos, (International Slurry Surfacing Association, ISSA) [2], y la segunda, las recomendaciones españolas establecidas en el Pliego de prescripciones técnicas generales (PG-3) [13].

Países como Costa Rica [9], Chile [8], El Salvador [12] y Canadá [11], asumen de manera general las especificaciones establecidas por la ISSA de Estados Unidos [2], por su parte la ASTM D3910 [1], también coincide con lo establecido por ISSA.

De Colombia se revisaron dos documentaciones regulatorias de las lechadas asfálticas con ligeras diferencias entre ellas, estas son: las especificaciones técnicas del Instituto de Desarrollo Urbano de la alcaldía mayor de Bogotá (IDU) [6] y las especificaciones técnicas del Instituto Nacional de Vías (INVIA) [7].

De acuerdo a ISSA [2, 3] se clasifican tres tipos de lechadas (Tipo I, II, III), según el tamaño de los áridos y el trabajo que se pretenda realizar. El PG3 [13], por su parte amplía la clasificación a 4 tipos de lechadas (LB1, LB2, LB3, LB4) igualmente vinculadas al tamaño del árido, la función que se requiera corregir y el espesor final de la capa a colocar.

En la mayoría de las normativas evaluadas, el resto de las especificaciones de calidad del árido a utilizar en las lechadas asfálticas, se corresponden con las declaradas en otros tipos de mezclas asfálticas.

La problemática en Cuba es que la producción comercial de áridos, se realiza principalmente para cumplir los requisitos exigidos para hormigones hidráulicos o asfálticos, no se produce para satisfacer las demandas específicas que pudieran surgir de diferentes aplicaciones, por tanto, considerando las nuevas inversiones realizadas por el Ministerio de la Construcción, para el desarrollo de esta técnica de conservación vial en el país, se hace imprescindible evaluar la factibilidad de utilización de los áridos existentes en la región occidental de Cuba, en relación a su conformidad con los requisitos requeridos para este tipo de empleo.

Es muy importante tener presente que la utilización de áridos no adecuados, significa, desperdicios de material, de mano de obra, de tiempo de equipo, baja durabilidad y en consecuencia implica mayores costos.

Del análisis se determinarán cuáles instalaciones productivas pueden emplearse para la aplicación de esta técnica de conservación vial y cuáles serían las proyecciones de trabajo respecto a los áridos para satisfacer las demandas de la introducción de esta técnica en el país.

Así mismo, se destacan los aspectos requeridos para la adecuación de la norma cubana, acorde a los criterios internacionales, que rigen los requisitos exigidos a los áridos empleados en este tipo de mezcla.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

Se realiza un resumen de las principales exigencias que rigen la selección de los áridos, por ensayo y país, para el uso en la técnica de las lechadas asfálticas y se evalúan en relación a estos requisitos, las diferentes instalaciones productivas de áridos de la región occidental de Cuba.

2.1 Especificaciones para los áridos.

De manera general el árido mineral a usar en un sello de lechada asfáltica debe proceder de la trituración de la roca, los granos deberán ser duros, limpios y de superficie rugosa y angular. Los principales requerimientos de calidad se detallan a continuación:

Limpieza: Los áridos serán limpios libres de arcillas, limo, materia vegetal, partículas blandas y de otros materiales perjudiciales. La falta de limpieza puede ser causa de una mala adhesividad y por tanto de una pérdida prematura de árido. También puede contribuir a una rotura demasiado rápida de la emulsión y consiguientemente a una mala terminación del sello. En todos los casos dudosos es aconsejable proceder a un lavado previo de los áridos.

Las especificaciones internacionales evalúan este parámetro a partir del ensayo del equivalente de arena, algunas especificaciones regulan el valor del ensayo de azul de metileno (tabla 1).

Tabla No. 1. Requisitos de la limpieza del árido en diferentes normativas [1,2,6,7,9,13,17]

Ensayos	ISSA A105	ASTM D3910	IDU Colombia (Art.530)	INVIA Colombia (Art.400)	PG-3 España (Art.540)	NC 759	Costa Rica
Equivalente de arena, % mínimo	45	45	40	50	40 (aniónica) 60 (catiónica)	55	45
Absorción azul Metileno, g/kg, máx.	-	-	8	10	1	-	10 (Basalto) 7 (Arenisca)

Dureza: El agregado que se utiliza para la fabricación de sellos de lechada asfáltica está expuesto a la acción abrasiva del tránsito. Si no es lo suficientemente resistente entonces se desgastará de manera muy rápida y causará que el pavimento se deteriore más rápidamente, con la consecuente pérdida de resistencia a la fricción cuando el pavimento está mojado.

Existen diferentes maneras de valorar esta propiedad, relacionada con la resistencia al deslizamiento. Los más empleados son el ensayo de desgaste Los Ángeles y resistencia al pulimento (tabla 2).

Tabla No. 2. Requisitos de la dureza del árido en diferentes normativas [1,2,6,7,13,17]

Ensayos	ISSA A105	ASTM D3910	IDU Colombia (Art.530)	INVIA Colombia (Art.400)	PG-3 España (Art.540)	NC 759
Abrasión Los Angeles, % Max.	35	-	25	25	20-30	-
Resistencia al pulimento, valor mínimo	-	-	0,45	-	0,45-0,50	-
Durabilidad por la acción de sulfatos, % máximo	Mg	15	-	18	-	-
	Na	25	-	-	12	-

Forma: La forma ideal del agregado es que sea cúbico, evitando las partículas planas y alargadas, pues estas se alinean en su lado plano y no quedan totalmente recubiertas con el asfalto, pudiendo desprenderse. Se recomienda evitar el uso de agregado redondeado, como gravas de río sin triturar, el cual tenderá a rodar y desplazarse con el tránsito.

Las especificaciones regulan el porcentaje máximo de áridos triturados, la angularidad del árido fino y el porcentaje de partículas planas y alargadas (tabla 3).

Tabla No. 3. Requisitos de la forma del árido en diferentes normativas [1,2,6,7,13,17]

Ensayos	ISSA A105	ASTM D3910	IDU Colombia (Art.530)	INVIA Colombia (Art.400)	PG-3 España (Art.540)	NC 759
% Partículas fracturadas (1cara/2cara)	100	100	90/75	-	100	-
Angularidad del árido fino, % min.	-	-	45	45	-	-
Partículas Planas/Alargadas, % máx.	-	-	25	-	25	-

La especificación de Costa Rica, en los parámetros referidos para dureza y forma, asume las especificaciones establecidas por ISSA [9].

Granulometría: Se refiere a la distribución de partículas del árido, las cuales deben estar dentro de un cierto margen de tamaños y cada tamaño debe cumplir ciertas proporciones. La granulometría de los áridos está vinculada a la aplicación particular del sello a realizar.

La asociación ISSA establece 3 tipos de granulometría [2]. Colombia añade un cuarto huso granulométrico incrementando el tamaño máximo del árido a 12,5 mm (1/2”), pero en general mantiene la misma distribución de partículas que ISSA en los otros tres restantes husos granulométricos [6,7].

La normativa española establece también cuatro husos granulométricos, pero con distribución granulométrica diferente a ISSA, para tamaños máximos de 4 mm, 6 mm, 8 mm, 12,5 mm [13]. Las granulometrías españolas tienden a ser algo más gruesas que las recomendadas por Estados Unidos (figura 1).

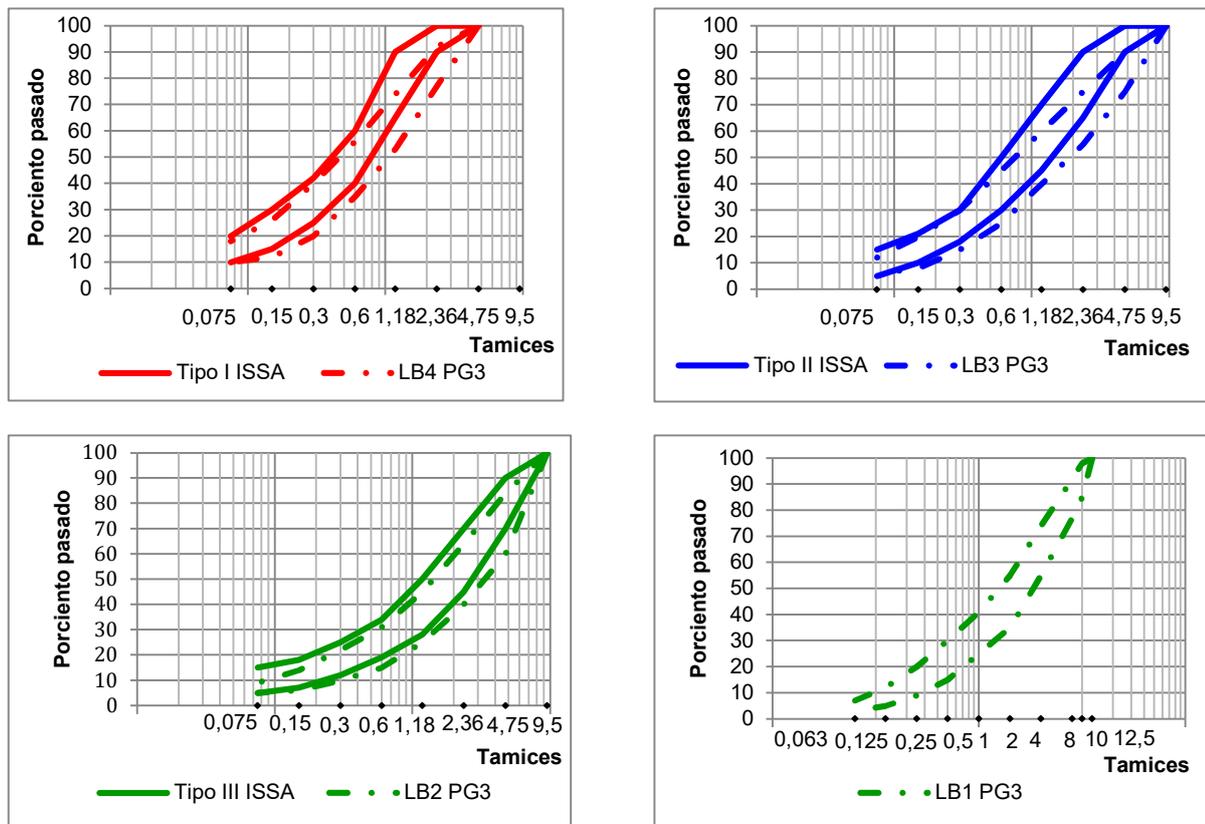


Figura 1: Representación de las curvas granulométricas de las especificaciones españolas (PG-3) y las americanas (ASTM/ISSA) para riegos de lechadas asfálticas

Del análisis de la normativa internacional se apreció que la más rigurosa en cuanto a los valores exigidos para los áridos, es la establecida por el pliego de prescripciones técnicas para carreteras de España, esto puede estar relacionado con las elevadas cargas de tráfico con que opera España, (carga de diseño de 13 t), diferentes a las que operan en América (carga de diseño 8,2 t).

Se destaca en la normativa española, la diferencia que establecen en la limpieza del árido para cuando sea usado emulsión aniónica o catiónica, siendo mucho más rigurosa para esta última. Las regulaciones establecidas por Colombia siguen, en cuanto a rigurosidad, a las españolas.

La norma cubana establece como requisito fundamental la limpieza del árido, regulando los valores de equivalente de arena al mismo nivel que los exigidos de manera general para los áridos empleados en cualquier mezcla asfáltica colocada en capa de rodadura y tráfico pesado (son los valores más exigentes en comparación con el resto de las especificaciones). Esto se justifica considerando la procedencia mayoritaria de origen calizo de nuestros áridos, los cuales pueden tener contaminaciones con arcilla que pudieran afectar la adherencia entre el árido y el ligante.

Se destaca que la normativa cubana no establece explícitamente las características del árido de procedencia en cuanto a dureza o forma de partícula para este tipo de mezcla, lo cual será necesario incorporar, a la luz de la revisión bibliográfica realizada, en la próxima revisión de la norma.

2.2 Materiales.

La región occidental, considerada desde Pinar de Río hasta Matanzas, cuenta con cuatro empresas productoras de materiales de construcción y cada una de ellas tiene diferentes unidades empresariales de base (UEB), que agrupan los diferentes centros de producción de áridos, para un total de 19 instalaciones [18].

Para valorar la procedencia del árido y la naturaleza de la roca, se consideraron todas las instalaciones que

se encuentran comercializando áridos en la región occidental de Cuba. Sin embargo, para la valoración de los requisitos de calidad, se enmarca el análisis a aquellos centros que fundamentalmente produzcan polvo de piedra como árido fino (fracción 5-0 mm).

Los centros de producción considerados para el análisis de los requisitos de calidad son:

- Sitio Peña y Tete Contino, provincia Pinar del Río.
- La Reforma y Quiñones, provincia Artemisa.
- Alacranes (5 de diciembre), Rubén Martínez Villena (Jamaica), Anafe III, Antonio Ravelo y La Molina (Mariel), provincia La Habana.
- Planta Libertad y Regalito, provincia Matanzas.

Los resultados de los ensayos que caracterizan a cada centro de producción fueron tomados de la información que aporta el catálogo de áridos de la región occidental de Cuba, en su edición No. 2 [18]. El catálogo de áridos desarrollado como parte de un proyecto de investigación en el Centro de Investigación y Desarrollo de la Construcción (CIDC), presenta la información de cada centro de producción en forma de fichas técnicas, que permiten a los usuarios, valorar la calidad de los áridos que se comercializan.

3. RESULTADOS

Para el análisis de la producción nacional se asume como parámetro de referencia los requisitos establecidos por las dos tendencias principales: la Asociación Internacional de Sellos de Lechada de Estados Unidos, ISSA, y las recomendaciones españolas establecidas en el PG-3.

De la información recopilada y los ensayos de caracterización de los áridos, se presentan la siguiente información que caracteriza a la producción de áridos en la región occidental.

3.1 Procedencia del árido.

Atendiendo a que las especificaciones normativas regulan el 100% del árido con caras de fractura, se cuantifica las instalaciones existentes en la región que producen áridos triturados.

De un total de 19 instalaciones estudiadas, 15 centros basan su producción en procesos de trituración de la roca, dos instalaciones trabajan con yacimientos de areniscas y otras dos procesan arenas naturales. Lo que resume la producción de áridos de occidente en un 79% procedente de la trituración de la roca.

La trituración se realiza en 2 o 3 procesos, generalmente una trituración primaria de mandíbula y secundaria o terciaria de impacto, por lo que debe generar el 100% de las caras de fractura. Las Figura 2 y 3, representan la caracterización por tipo de árido de la producción en la región occidental y por provincia.

Como puede apreciarse del análisis, la mayoría de las fuentes de áridos de occidente proceden de la trituración de la roca, existiendo en cada provincia disponibilidad de este tipo de árido.

Es significativo señalar la importancia de los áridos obtenidos por trituración, estos generalmente dan mejores condiciones de rozamiento interno al esqueleto mineral. En cuanto a la interrelación mecánica entre la matriz y el agregado grueso, la textura superficial de éste es principalmente responsable de la adherencia. La roca triturada produce una adherencia superior, de aquí la importancia de que los áridos que se empleen sean 100% procedentes de la trituración de la roca.

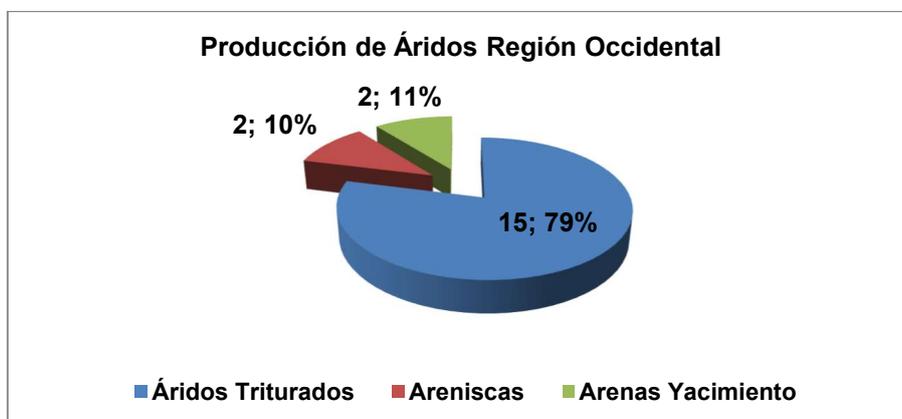


Figura 2: Caracterización por tipo de áridos de la producción de áridos en la región occidental

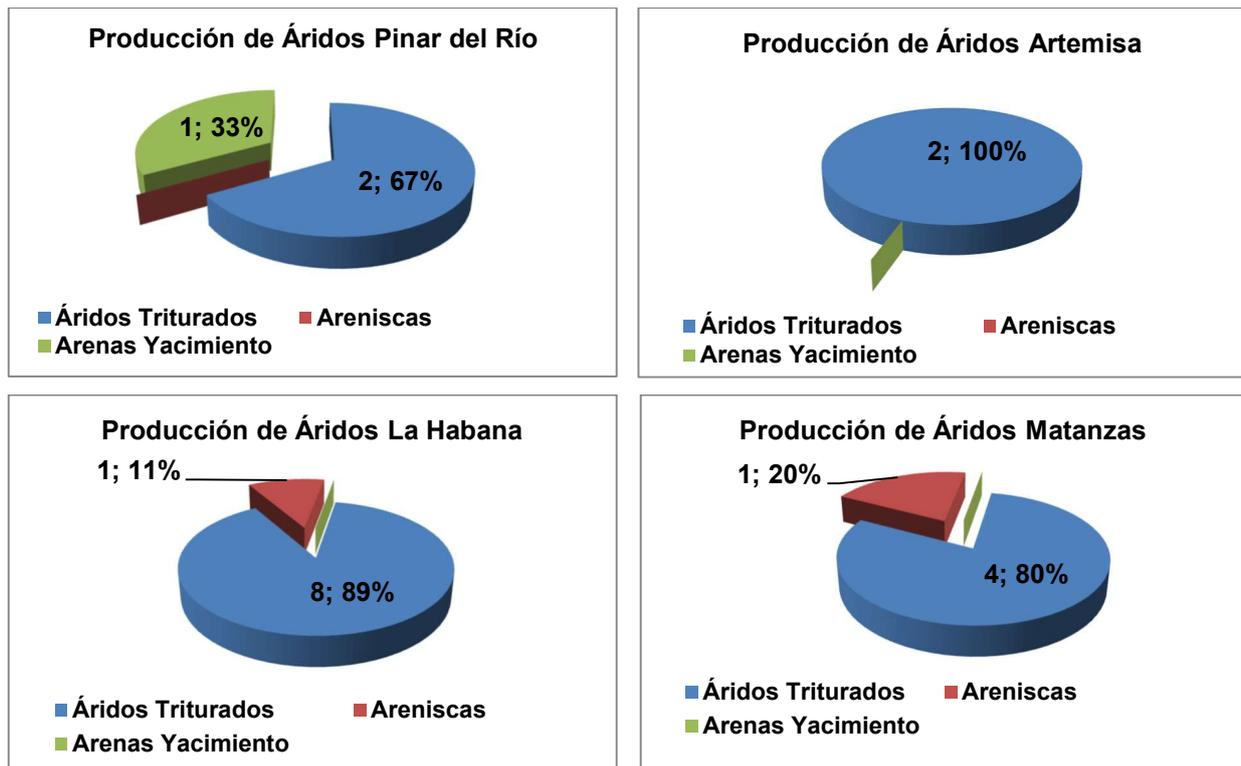


Figura 3: Representación de la procedencia del árido por provincia.

3.2 Naturaleza de los áridos.

Conocer la naturaleza de las rocas de los yacimientos en explotación en la región occidental de Cuba, resulta muy importante para la selección del tipo de emulsión asfáltica a emplear.

Como existen varios tipos de emulsiones, los áridos a emplear deben tener una clara afinidad con la emulsión de que se trate. Las reglas clásicas indican la utilización del árido calizo para emulsión aniónica y árido silicio para emulsión catiónica, aunque la utilización de aditivos y la naturaleza compleja de las lechadas hacen que esta definición solo se utilice como una primera aproximación, requiriéndose otros ensayos de laboratorio de comportamiento de la lechada para definir tal aspecto [14].

Del análisis de la información se determinó que 13 de las instalaciones trabajan con rocas calizas, tres con calcarenitas, dos con dolomitas y una procesa arena natural de origen cuarzosa. La arena cuarzosa es de la provincia Pinar del Río, utilizada generalmente en la elaboración de morteros cola.

En resumen, la producción de áridos se caracteriza en un 68% procedente de yacimientos de rocas calizas, lo que permite un amplio margen de aplicación para las emulsiones aniónicas. Las figuras 4 y 5 representan los porcentajes de cada tipo de roca por región y provincia.

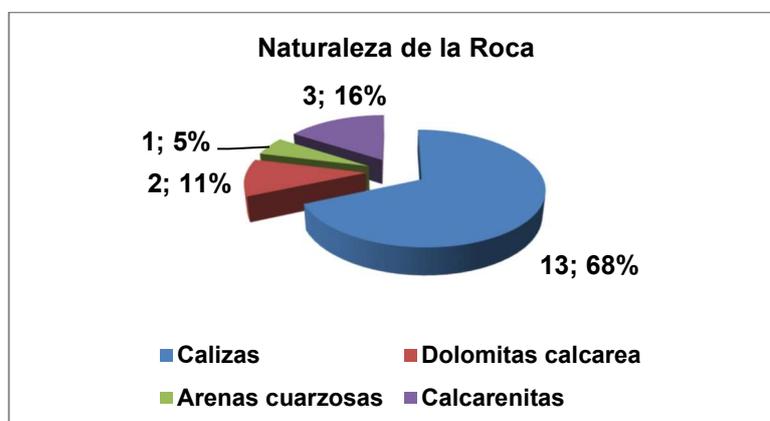


Figura 4: Clasificación de acuerdo a la naturaleza del árido de la producción de áridos en Occidente.

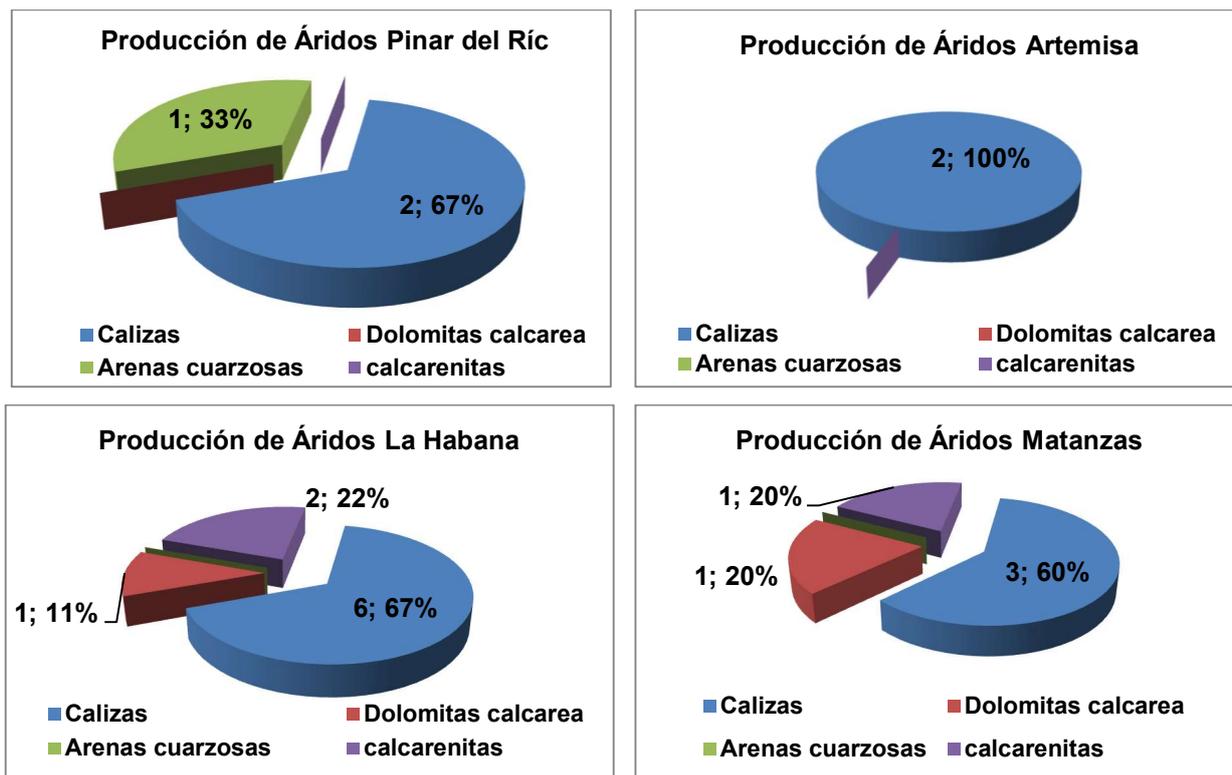


Figura 5: Clasificación de acuerdo a la naturaleza del árido de la producción de áridos en cada provincia.

Cada provincia tiene un amplio suministro de roca caliza, lo cual facilita los aspectos referidos a la afinidad del árido con la emulsión. Sin embargo, debe ponerse un punto de atención en las provincias La Habana y Matanzas donde existen otros tipos de roca que son usadas en la elaboración de mezclas asfálticas y que, por sus características mineralógicas, requiere que la afinidad con la emulsión sea comprobada experimentalmente. Estas son las clasificadas como calcarenitas, fundamentalmente Quiebra Hacha en La Habana con un contenido de óxido de sílice del orden del 11% y las dolomitas calcáreas tales como Alacranes perteneciente a La Habana y La Montaña en Matanzas, este tipo de rocas presentan un contenido de MgO en el orden del 17% y tienden a tener por cientos de absorción inferior al 0,8% lo que puede afectar su capacidad de adhesión al asfalto [18].

3.3 Ensayos de calidad.

Los ensayos de calidad a los áridos empleados en las lechadas asfálticas (tablas 1-3) establecen los requisitos para la limpieza, dureza y forma de los áridos requeridos para un buen desempeño de la misma.

En la figura 6 y 7, se han representados los valores promedios que caracterizan a cada centro de producción en las propiedades que se evalúan y se ha tomado como referencia lo especificado por ISSA y por España. En cuanto al requisito de absorción de azul de metileno se consideró lo que establecen las especificaciones de Colombia, dado que ISSA no limita ese parámetro.

En Cuba no es habitual realizar el ensayo de durabilidad a los sulfatos, dado que este se realiza solo para aplicaciones específicas de los áridos (aquellos sometidos a la acción de hielo y deshielo o bajo agua), por lo cual no existe información acumulada al respecto, no siendo posible valorar este parámetro en relación a las especificaciones normativas de referencia. Atendiendo a las características especiales de las lechadas (espesores muy delgados) y la recomendación internacional de regular este parámetro, se recomienda determinar dichos valores en las principales instalaciones de áridos que sean utilizadas para este tipo de mezcla.

Como se observa de la figura 6, toda la producción de áridos evaluada cumple con los requisitos normativos de dureza y limpieza del árido establecido por ISSA, a excepción de 2 centros de producción que en el período en que se realizó la evaluación, tenían serios problemas de contaminación con arcilla (Jamaica y Planta Libertad), aspecto que puede ser solucionado durante el proceso productivo. Resulta importante destacar que la falta de limpieza puede ser causa de una mala adhesividad y por tanto de una pérdida prematura de árido,

así como también puede contribuir a una rotura demasiado rápida de la emulsión y consiguientemente a una mala terminación del sello, por lo que este parámetro debe ser rigurosamente controlado.

De manera particular para cada diseño de mezcla, se requerirá evaluar la afinidad del árido con el ligante, independientemente que la mayoría sean áridos de naturaleza caliza.

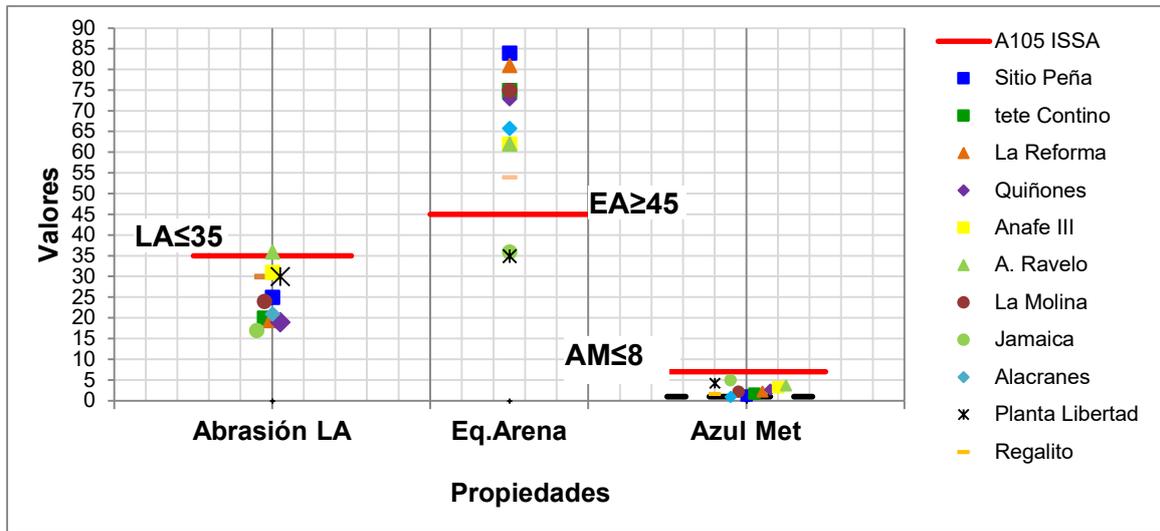


Figura 6: Representación de los valores promedios que caracterizan cada centro de producción de áridos de occidente en relación con los requisitos de ISSA.

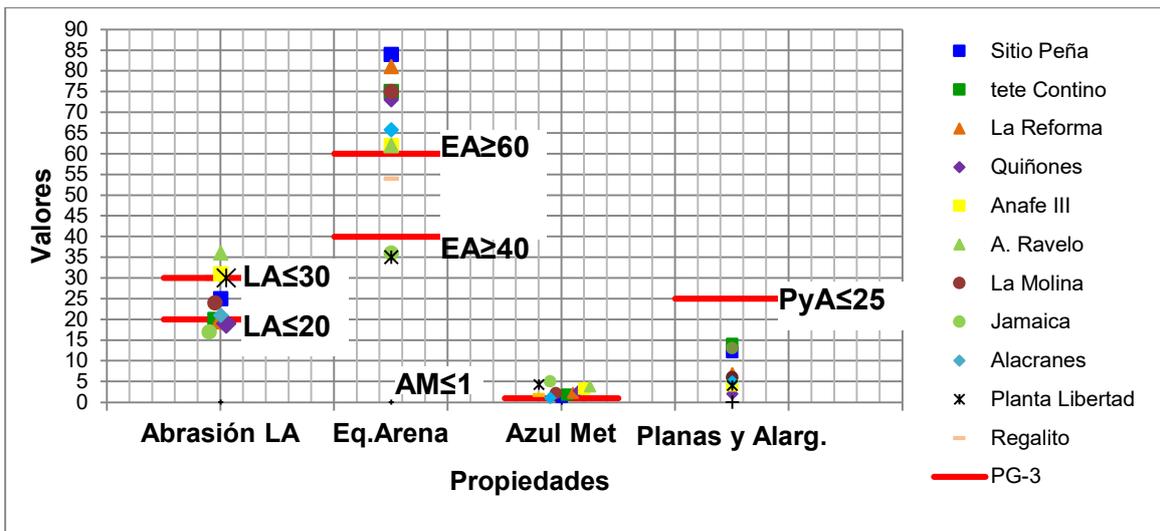


Figura 7: Representación de los valores promedios que caracterizan cada centro de producción de áridos de occidente en relación con los requisitos del Pliego prescripciones técnicas de España (PG-3)

La especificación española establece un rango de valores en dependencia del tipo de tráfico o tipo de emulsión según se aprecia en la figura 7. Para la dureza del árido evaluada mediante la abrasión los Ángeles, el valor exigido para los tráficos más pesados (20), solo es cumplido en algunas canteras (La Reforma, Tete Contino, Alacranes, Jamaica y Quiñones), aunque de manera general todas cumplen el requisito de 30% de desgaste. Ambos valores son más rigurosos que los establecidos por ISSA, por lo que deberá establecerse un criterio de aceptación para Cuba, atendiendo a nuestras condiciones particulares de tráfico y calidad de áridos sin dejar de tomar en cuenta de que áridos no suficientemente resistente se desgastarán de manera muy rápida y causará que el pavimento se deteriore más rápidamente, con la consecuente pérdida de resistencia a la fricción cuando el pavimento está mojado.

En cuanto a la limpieza los áridos cumplen de manera general el valor más exigente del equivalente de arena,

sin considerar las excepciones vistas anteriormente de Jamaica y Planta Libertad. Sin embargo, el límite establecido por los españoles para la absorción de azul de metileno (1), está muy por debajo de los valores que se obtienen en los áridos cubanos, aun cuando cumplen los requisitos de equivalente de arena. Esto puede indicar que los valores que especifica España están relacionados a otros tipos de áridos diferentes a los existentes en nuestro país. No obstante, otras especificaciones españolas, como la del hormigón estructural (EHE) [20], vinculan la especificación del azul metileno al contenido de finos presentes en los áridos mediante una fórmula, adoptada en la norma cubana NC 251 áridos para hormigón hidráulico [19] y no un valor fijo.

De cualquier forma, estos dos ensayos son complementarios, no se requiere realizarlos a la vez, uno se realiza solo por el incumplimiento del anterior, es decir, solo si los áridos no cumplen con la especificación del equivalente de arena, podrán ser aceptados si cumplen los requerimientos del ensayo de azul de metileno. Los valores de azul de metileno recomendados por Colombia se encuentran más en correspondencia con los que presentan los áridos cubanos.

Los valores de forma plana y alargadas fueron tomados de la fracción granito de estas instalaciones, todas se mantienen por debajo del límite recomendado.

3.4 Granulometría.

La granulometría es otro de los requisitos fundamentales de los áridos que define el tipo de lechada asfáltica.

De acuerdo a los rangos granulométricos de las especificaciones de referencia, la producción comercial de áridos de occidente que se ajustan a las mismas, son las correspondientes a aquellos centros que producen la fracción fina 5-0 mm.

Los valores promedios de la curva granulométrica que caracteriza la producción de la fracción 5-0mm, en cada centro de producción de áridos considerado, fue representada en las Figura 8 y 9, en relación a los rangos granulométricos recomendados por ISSA (Tipo II y Tipo III) y PG-3 (LB3 y LB2).

Puede apreciarse que la producción comercial de árido de la región occidental de Cuba, tal como se producen, se ajusta en su gran mayoría al huso granulométrico establecido para lechadas tipo II y LB3. Este tipo de lechada se considera en la literatura como la más comúnmente usada, empleadas donde el tráfico es de moderado a pesado para sellar y corregir problemas moderados y graves de oxidación del ligante y pérdida de finos, mejorando además la resistencia al deslizamiento.

No obstante, para este tipo II de lechada se aprecia que aproximadamente el 50% de estos centros de producción de áridos, tienen déficit de las fracciones más finas (rango de 0,6 a 0,075mm) en relación a lo que se requiere, lo cual se soluciona con la adición del filler mineral (cemento, cal), que como requisito debe adicionarse en la fabricación de la lechada.

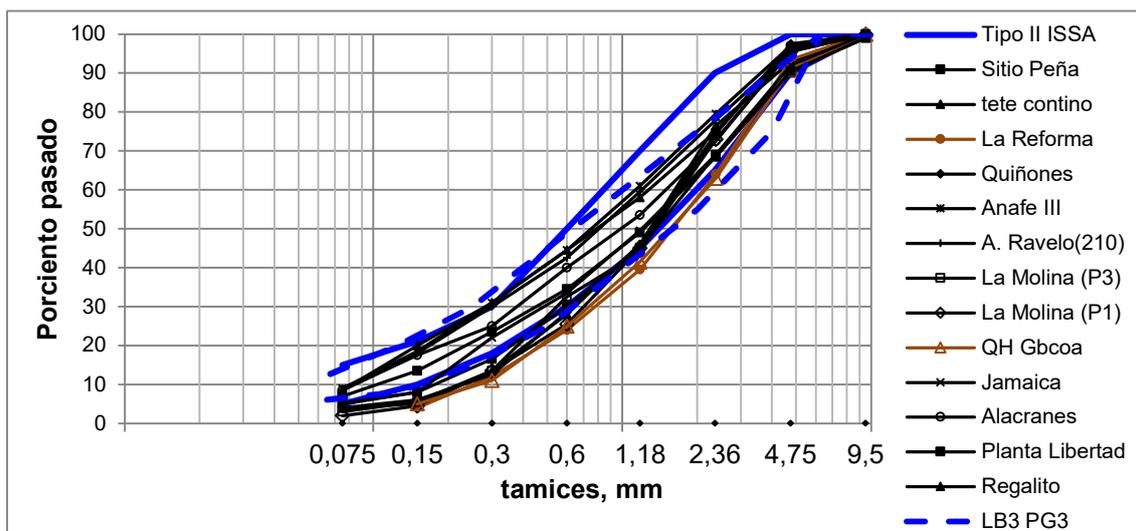


Figura 8: Granulometrías de la fracción 5/0mm en diferentes centros de producción de la región occidental de Cuba en relación a los tipos II de ISSA y LB-3 del PG-3.

Aunque el análisis general se realiza para la fracción 5-0mm, a manera exploratoria representamos la curva granulométrica de la arena lavada que se obtiene en dos centros de producción, La Reforma y QH Gbcoa

(línea carmelita), indicando una tendencia similar a la de los polvos, aunque con un déficit mayor de finos, lo que indica que de emplearse arenas lavadas se requería una proporción mayor de filler de aportación que en el caso de los polvos, para llegar a la granulometría final requerida para este tipo de lechada, así como considerar el contenido de agua que la arena lavada aportaría, cuando se realicen los diseños de mezcla.

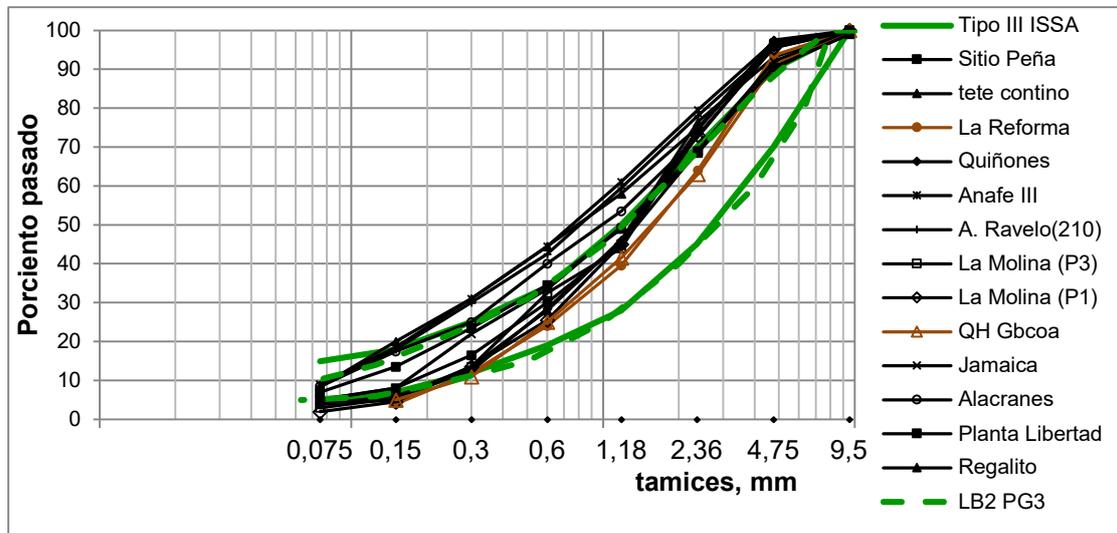


Figura 9: Granulometrías de la fracción 5/0mm en diferentes centros de producción de la región occidental de Cuba en relación a los tipos III ISSA y LB-2 del PG-3.

Si observamos el comportamiento de la producción de áridos que se comercializa en cuanto al tipo III de lechada (Figura 9) se observa que para obtener las fracciones más gruesas de la curva granulométrica solo es posible si se realiza previamente una mezcla de fracciones (5/0mm + 5/10mm), pues con solamente la fracción de árido fino, no se alcanza los requerimientos granulométricos para este tipo de lechada.

Solamente 7 centros en la región occidental producen la fracción 5/10 mm, de ellos solo 3 pertenecen a la Habana (Molina P-3; Anafe y Dragón Camoa). La figura 9 muestra a manera orientativa, las curvas granulométricas que se obtienen de la combinación de fracciones para valorar su comportamiento en relación a la especificación Tipo III de ISSA y LB2 del PG-3. Se destaca que la fracción comercial 10/5 mm, es ligeramente más gruesa que lo que se recomienda.

Similarmente, si se desea utilizar un tamaño máximo mayor de 12,5 mm, como el que establece la especificación española en la lechada tipo LB1, de acuerdo al uso que se tenga previsto para el sello, deberá partirse de la mezcla de fracciones (13/5 mm+5/0 mm). Solo 6 centros producen comercialmente la fracción 13/5 mm, de ellos solo 3 pertenece a la Habana (La Molina P-1 y P-2; Quiebra Hacha Guanabacoa y Alacranes)

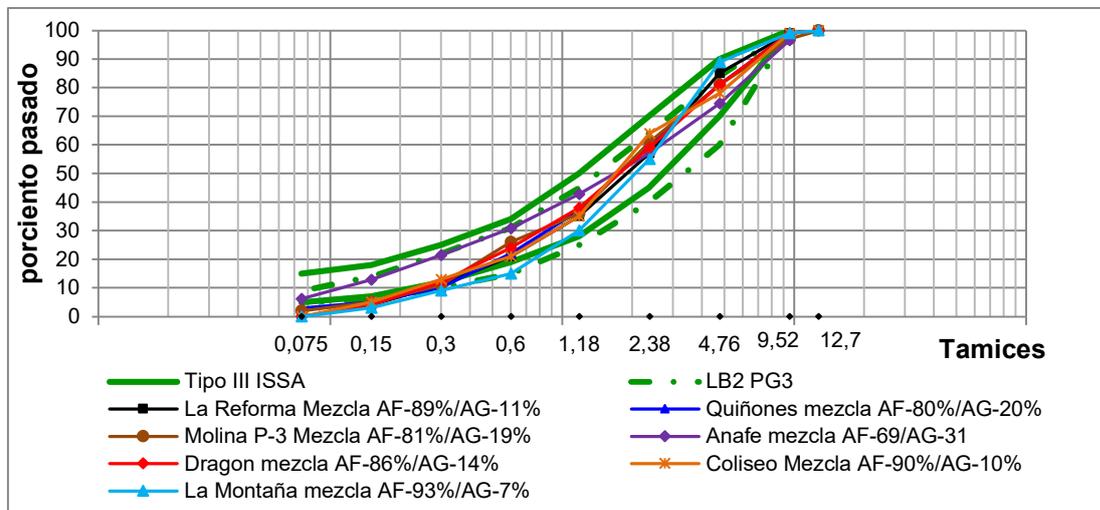


Figura 10: Curvas granulométricas obtenidas de la mezcla de fracciones.

El gráfico 10 muestra algunos ejemplos de las combinaciones de fracciones para obtener la granulometría tipo III de ISSA. La combinación de las diferentes fracciones en las proporciones definidas en la fórmula de trabajo deberá realizarse empleando medios mecánicos que aseguren la homogeneidad de la mezcla resultante. Los áridos combinados se acopiarán por separado tomando las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones hasta el momento de la carga en el equipo de fabricación de la lechada.

La obtención del rango granulométrico requerido para las lechadas tipo I según ISSA (las más finas) va a requerir del empleo de remoladores de polvo que obtengan fracción 2-0mm. La tecnología actualmente instalada en las empresas de materiales para la producción de áridos no satisface lograr la finura requerida para este tipo de lechada.

3. CONCLUSIONES

Se concluye que la disponibilidad de áridos comerciales en la región occidental de Cuba, se clasifican mayoritariamente de procedencia caliza y resultante de la trituración de la roca, lo que favorece el margen de aplicación para las emulsiones aniónicas, y la afinidad árido- emulsión. De manera general todas las instalaciones cumplen con los requisitos de calidad establecidos en cuanto a dureza y limpieza, establecidos por ISSA, a excepción de Jamaica y Planta libertad.

En su distribución granulométrica, solo la fracción 5/0mm es aplicable como tal, para la lechadas tipo II, utilizadas para sellar, corregir problemas de oxidación y proporcionar resistencia al deslizamiento, lo cual se cumple en todas las instalaciones estudiadas.

Para obtener las lechadas tipo III y tipo IV (12,5mm) se requiere la mezcla de fracciones simples previo a la fabricación de la misma. Por lo cual se requerirá la adquisición del equipamiento necesario que garantice la homogeneidad de la mezcla de fracciones.

Ninguno de los áridos que se comercializan por la industria de materiales, permite obtener la lechada tipo I de ISSA, para ello se requiere del empleo de remoladores para obtener el tamaño máximo de 2mm requerido.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASTM D 3910. Standard practices for design, testing and construction of slurry seal. Committe D04. Road and paving materials, 2017.
- [2] ISSA A 105, International Slurry Surfacing Association. Recommended performance guidelines for emulsified asphalt slurry seal. Revised February 2010.
- [3] ISSA A 143, 2010. International Slurry Surfacing Association. Recommended Performance Guideline for Micro Surfacing Revised February 2010.
- [4] FHWA. Evaluation of Pavement Safety Performance. <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/14065/004.cfm> (último acceso 25.12.2017)
- [5] Slurry surfacing. <http://www.slurry.org/?page=slurry>. (último acceso 25.12.2017)
- [6] IDU, Artículo 530-11. Lechadas Asfálticas. Instituto Desarrollo Urbano. Alcaldía Mayor de Bogotá, 2011.
- [7] INVIA. Instituto Nacional de vías. Artículo 433-07. Lechadas asfálticas. Colombia, 2013.
- [8] Instituto chileno asfalto, 2000. Lechadas asfálticas y micropavimentos "aclarando conceptos". Boletín Técnico No. 1.agosto 2000.
- [9] Jiménez M. et al, Guía de diseño de mezcla de laboratorio para los sellos de lechada asfáltica (slurry seals). Primera edición: Universidad de Costa Rica. LanammeUCR, 2016.
- [10] Jiménez M. et al, Evaluación de la factibilidad en la aplicación de sellos de lechada asfáltica "slurry seals" en Costa Rica. Proyecto N° UI-02-08. Unidad de investigación. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. Universidad de Costa Rica. Noviembre 2008.
- [11] Kucharek. A, et al., Performance Review of Micro Surfacing and Slurry Seal Applications in Canada. Canadian Technical Asphalt Association, 2010.
- [12] Orellana et al., Propuesta de diseño y proceso constructivo de lechada asfáltica en el mantenimiento de obras viales en el salvador. Tesis en opción al título de ingeniería civil. Universidad de El Salvador, abril 2015.
- [13] PG-3, Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes. Artículo 540. Tercera edición. España, 2002.
- [14] Fernández del Campo. J. A, Pavimentos bituminosos en frío, España, Editores técnicos asociados s.a., 1983, pp.333-399.
- [15] FHWA, An Overview of Surface Rehabilitation Techniques for Asphalt Pavements. US Department of transportation. Publication No. FHWA-PD-92408. Federal Highway Administration, 1992.
- [16] Yamunaque. J., Soluciones reales, rápidas y económicas para pavimentación asfáltica. XII Congreso nacional de ingeniería civil. CIP'99, 1999.

-
- [17] NC 759, Áridos para mezclas asfálticas. Requisitos, Oficina nacional de normalización, marzo 2010.
- [18] Herrera de la Rosa. Ensayos de Caracterización de los Áridos de la Región Occidental de Cuba. Confección del Catálogo Occidente. 2da edición. Informe etapa 01. PRC 06.35.13. MICONS, 2015
- [19] NC 251, Áridos para Hormigón hidráulico. Requisitos, Oficina nacional de normalización, 2019.
- [20] EHE-08, Instrucción de Hormigón Estructural, Capítulo VI, Materiales, España, 2008.