



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOVIS IMPONETUR VIRILISTOGA. 1948

FACULTAD DE CONSTRUCCIONES

Departamento de Ingeniería Civil

Título: Tecnología de pavimentación

Diplomante: Oslaivi Chacón Ponce

*Tutor: Profesor Titular, Doctor en Ciencias Técnicas,
Ingeniero Civil, Pedro Andrés Orta Amaro*

Curso 2007-2008

La tecnología es positiva
solo si la sabemos aprovechar,
utilizándola para nuestras más profundas
y valiosas intenciones.

Anónimo



A mi familia por demostrarme cada día lo importante que son para mí, al darme su ayuda incondicional, así como su esfuerzo y comprensión que me brindaron en todos estos años.

A mis amigos por haber compartidos tantos años juntos, y estar presentes cada uno en las buenas y en las malas y en especial quiero dedicarle este título a una persona que no puede estar mas presente entre nosotros, a alguien que aunque tenía un carácter fuerte, me demostró que me quería con el corazón, a mi abuelo Fidel que falleció en el mes de noviembre hace dos años.



A todos los profesores que con tanta dedicación me han transmitido sus conocimientos a través de todos estos años, en especial a mi tutor Dr. Ing. Pedro A. Orta Amaro.

A mi familia, en especial a mis padres por haberme llevado por el camino correcto de la vida, dándome lo mejor de cada uno, y a esa persona que esta tan lejos de mi, pero que se que me quiere y piensa en mi con su vida, a ti Belkis Mendoza, mi abuela.

A mis amigos por mantenerse cerca de mí en todos estos años, sin condición ninguna, y por haberse ganado cada uno de ellos mi respeto y admiración, en especial:

A Yunier por ser un amigo de todos los tiempos, a Greisy por haberme entregado tu amistad, a mi primo Yasmany que más que primo es mi hermano, a Ibelsis por darme momentos muy bonitos en mi vida, a Dobranyi por demostrarme ser un gran amigo y compañero de carrera, a Dianelis por enseñarme lo maravillosa que eres, a Denis alguien que con su locura junto a Keyler supieron ganarse mi amistad por sobre todo.

A todos mis compañeros de la carrera, en especial los de la beca que soportaron mi convivencia por cinco año.

En fin a todas esas personas que han influidos en mi vida, de una manera u otra, y que hicieron posible la realización de un sueño, con la culminación de este trabajo



	Pág.
Pensamiento	
Dedicatoria	
Agradecimientos	
Resumen.....	1
Introducción.....	2
Desarrollo:	
Capítulo 1: Estado del Arte de las Tecnologías de Pavimentación de Carreteras.....	9
Capítulo 2: Fundamentación del Capítulo Tecnologías Tradicionales de Pavimentación.....	40
Capítulo 3: Fundamentación del Capítulo Tecnologías Modernas de Pavimentación.....	51
Conclusiones	
Recomendaciones	
Bibliografía	
Anexo: Libro “Tecnologías de Pavimentación de Carreteras”	



No existe en Cuba un libro que aborde de manera resumida y actualizada las tecnologías de pavimentación de carreteras, lo cual dificulta el conocimiento de esta temática por los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil y por consiguiente la calidad de su formación profesional, así como también la superación y actualización de aquellos profesionales dedicados a los trabajos de pavimentación en las empresas constructoras del país, por tales razones se justifica la existencia de un libro que abarque las tecnologías tradicionales y modernas de pavimentación, tanto para los pavimentos flexibles, rígidos y semirígidos, que facilite el estudio y la superación profesional en esta actividad tan importante para la Economía Nacional.

Para lograr este propósito, se parte de realizar una revisión crítica de las versiones anteriormente existentes del libro Tecnologías de Pavimentación, para tratar de proponer una perfeccionada y lo mas actual posible, la que será sometida a una revisión por un grupo de expertos del territorio central del país, para finalmente llegar a proponer la quinta y última variante, que podrá ser utilizada como texto básico de esta materia en la asignatura Diseño y Construcción de Pavimentos del Plan de Estudios C Perfeccionado y también para la asignatura Pavimentos del nuevo Plan de Estudios D, así como servir de base para la impartición de cursos de post grado y la auto superación profesional en las empresas del sector. Todo lo cual se revertirá en la construcción más eficiente de las estructuras de pavimentos.



Las ramas del saber se han desarrollado mediante las investigaciones. La Ingeniería Civil, en especial en la Ingeniería Vial, se ha trabajado en la creación y perfeccionamiento de tecnologías para dar respuesta eficiente a los disímiles problemas existentes en las vías de comunicación terrestres (construcción, mantenimiento, reparación) tan necesarias para el desarrollo socioeconómicos de los países.

En la construcción de los pavimentos de las obras viales ha existido un gran desarrollo de las tecnologías de construcción de las carreteras, autopistas, aeropistas para lograr una mejor calidad de las misma.

El desarrollo experimentado en tales tecnologías en los últimos años impone la necesidad de su dominio. Esto infiere el uso de nuevos materiales, maquinarias modernas, de nuevas técnicas mecanizadas y métodos organizativos más eficientes.

La mayor de las Antillas, Cuba, cuenta con una red vial de gran densidad de $0.55\text{Km} /\text{km}^2$ superior a la mayoría de los países latinoamericanos, donde sobresalen las carreteras construidas con pavimentos flexibles, lo cual ubica al país en una situación favorable; en dicho contexto se asegura la comunicación vial necesaria para el desarrollo social y económico de nuestro país tanto en zonas rurales como las urbanas.

En la actualidad la situación de la red de carreteras cubanas posee un significativo por ciento de vías que necesitan que se les realicen acciones, ya sea de rehabilitación o reparación, refuerzo y reconstrucción de las ya existentes teniendo en cuenta que la mayoría posee pavimentos flexibles y por tanto poseen:

1. Una vida útil muy corta, generan un alto grado de inconformidad ciudadana y rechazo hacia los mismos sobre todo en aquellas que los pavimentos están en mal estado.



2. Aceleración en el deterioro como consecuencia de los plazos de tiempo de explotación excesivos y del insuficiente mantenimiento y reparación que generalmente reciben.
3. Altos costos en el mantenimiento y las reparaciones.

Lo anterior no impide considerar que cuando se diseñen y se construyan los pavimentos flexibles se hagan conforme con las normas y regulaciones vigentes asegurando la debida calidad, se usen y exploten correctamente; así como que se le de un mantenimiento o la conservación que sean adecuadas, tratando que la solución dada considere tanto a la economía y la calidad de estas.

La política económica en las construcciones del país para los próximos años plantea como objetivo fundamental lograr una mayor eficiencia en las construcciones. Para ello se debe hacer uso racional de los recursos y tratar de alcanzar los mejores resultados, por lo tanto es necesario poseer una mejor preparación y conocimiento de las tecnologías de pavimentación existentes en países de mayor desarrollo para evaluarlos y decidir o no la transferencia de estas, así como el dominio de las tradicionales empleadas.

El Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad de Construcciones de la Universidad Central de Las Villas, por todo lo antes expuesto, ha decidido investigar las nuevas tecnologías de pavimentación de carreteras que existen en el mundo y evaluar su posible aplicación a las condiciones del país, así como perfeccionar las tecnologías tradicionales empleadas en la construcción de pavimentos con el objetivo de confeccionar un libro electrónico que pueda servir tanto para la enseñanza de estos temas en la asignatura Diseño y construcción de Pavimentos del Plan C Perfeccionado, como para la de Pavimentos en el nuevo Plan de Estudios D

Al enfrentar este reto surgen varias interrogantes:

1. ¿Cuáles son las tecnologías modernas de pavimentación empleadas en el mundo? ¿Cuáles son las apropiadas para la introducción en Cuba?
2. ¿Cuál pudiese ser el impacto económico de la introducción de dichas tecnologías?



3. ¿Se logrará el perfeccionamiento de las tecnologías tradicionales en nuestro país?
4. ¿Se logrará elaborar una cuarta versión electrónica con la calidad requerida para ser empleada como texto básico de la asignatura “Diseño y Construcción de Pavimentos” que se imparte al Cuarto año de la carrera de Ingeniería Civil y como Tomo II del Texto Básico de la Asignatura “Pavimentos” del Plan de Estudios D

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA:

El problema en esencia consiste en que no existe en las universidades cubanas, donde se estudia la carrera de Ingeniería Civil, un libro con la debida actualidad para la enseñanza y estudio de las tecnologías de pavimentación, tanto de los pavimentos flexibles, rígidos y semirígidos, para los Planes de Estudios C Perfeccionado y el D el cual recién se inicia su implantación, por lo que existe necesidad de confeccionar con uno que abarque dichas tecnologías con el necesario y adecuado rigor técnico y científico y por supuesto con la máxima actualidad, que haga posible la correcta formación de los Ingenieros Civiles, en estos temas tan necesarios para asegurar que la infraestructura vial, en especial los pavimentos de las carreteras se construyan con la debida eficiencia y calidad

HIPÓTESIS:

Si se dispusiera de un libro de texto actualizado en la asignatura “Pavimentos” para el estudio y enseñanza de las tecnologías de pavimentación de carreteras, de la carrera de Ingeniería Civil en las universidades cubanas, se contribuiría a elevar los conocimientos de los estudiantes en dicha esfera, así como de los profesionales que ejercen en dicha labor en las empresas constructoras, posibilitando obtener soluciones más acabadas y racionales tanto técnica como económicamente en la construcción de los pavimentos de las carreteras.

OBJETIVO GENERAL



Confeccionar un libro de texto básico que abarque las tecnologías de pavimentación de carreteras para su empleo, tanto en el Plan C Perfeccionado como para el Plan D de la carrera de Ingeniería Civil, que permita y facilite el aprendizaje de los estudiantes en dicha carrera técnica y a los profesionales que necesiten superarse.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Obtener información actualizada sobre los materiales, las maquinarias y las técnicas existentes en Cuba y en el Mundo para poder ejecutar los trabajos de construcción de pavimentos de las carreteras.
2. Actualizar y completar información sobre las tecnologías tradicionales y modernas de pavimentación que se emplean en el mundo.
3. Realizar una nueva versión del libro Tecnologías de Pavimentación que sirva de texto básico para el estudio de esta temática en la asignatura “Pavimentos” que se impartirá en el nuevo Plan de Estudios D que recién comienza su implementación en las universidades del país, a partir de versiones anteriormente existentes, asegurando su ajuste al Programa de dicha asignatura, la debida calidad y rigor científico y tecnológico.

TAREAS CIENTÍFICAS A DESARROLLAR:

- Búsqueda bibliográfica y reseña analítica o estado del arte
- Definición de la Metodología de Investigación a seguir.
- Capítulo 1 Reseña bibliográfica y analítica.
- Capítulo 2 Tecnologías tradicionales de construcción de carreteras.
- Capítulo 3 Tecnologías modernas de pavimentación.
- Validación de la propuesta de libro de texto por Criterio de Expertos
- Confección de la versión final del libro de texto
- Conclusiones.
- Redacción e impresión final del Trabajo de Diploma.

NOVEDAD CIENTÍFICA



Realizar una versión de libro de texto básico para la asignatura “Pavimentos” del plan de Estudios D y para terminar con la impartición de la asignatura mucho más actualizada sobre las tecnologías sobre la pavimentación de carretera, que tenga utilidad docente.

ESTRUCTURA DEL TRABAJO

- Carátula con el título y datos generales
- Resumen.
- Introducción.
- Desarrollo:
 - Capítulo 1 Reseña bibliográfica y analítica o Estado del Arte.
 - Capítulo 2 Tecnologías tradicionales de construcción de carreteras.
 - Capítulo 3 Tecnologías modernas de pavimentación.
- Conclusiones y Recomendaciones..
- Bibliografía.
- Anexos: Libro “Tecnologías de Pavimentación”

Aporte científico:

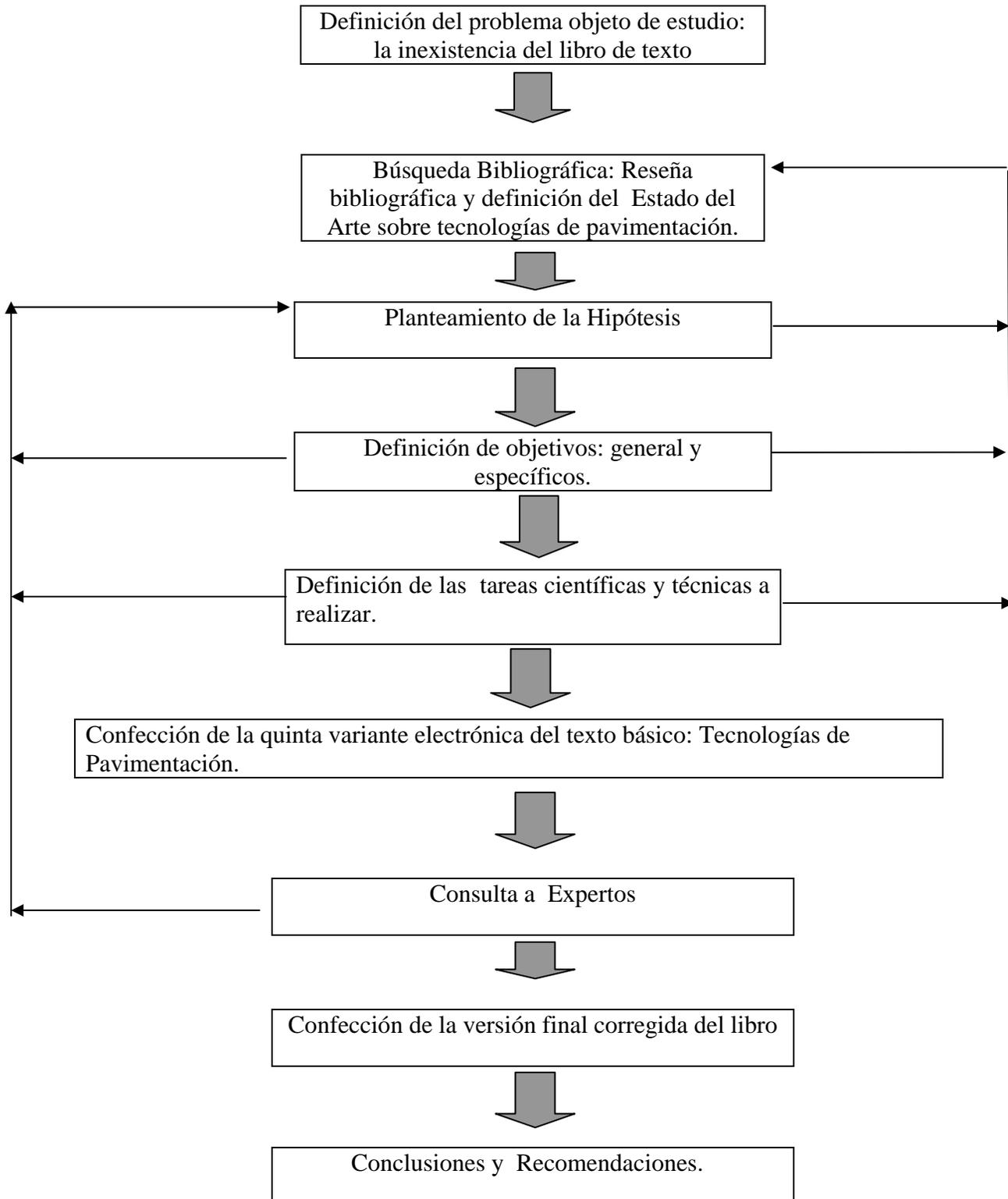
Se dispondrá de un libro (versión electrónica) para la consulta y enseñanza de los estudiantes de pregrado de la carrera de Ingeniería Civil en las universidades cubanas y la superación de postgrado de aquellos profesionales que emplean dichas tecnologías constructivas en las empresas constructoras de tales trabajos en el país, que pueden servir de base para investigaciones mas profundas sobre diversos aspectos abordados.

Valor metodológico:

Consiste en la forma lógicamente estructurada de la presentación de los contenidos que abordan tanto las tecnologías tradicionales como las modernas usadas en la pavimentación de las carreteras, lo que facilita que los estudiantes y profesionales que se encuentren trabajando en el tema puedan apropiarse de los conocimientos y sean capaces de emplearlos en el desarrollo de esta importante rama de la Ingeniería Vial, para que puedan introducir, desarrollar y perfeccionar dichas tecnologías.



METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.





Capítulo 1

Estado del Arte de las Tecnologías de Pavimentación de Carreteras

1.1 - Introducción.

Para la confección de este capítulo inicial se hizo una revisión de la bibliografía existente en el Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad de Construcciones de la Universidad Central de las Villas, donde se consultaron varios libros, algunas revistas fundamentalmente extranjeras, manuales, catálogos, el trabajo de diploma del anterior curso que realizó el diplomante Owen; artículos bajados de Internet, así como documentos sobre la materia que están presentes en la ENIA y en especial del tutor de este trabajo de diploma.

Esta búsqueda me permitió tener aspectos y detalles muy importantes para lograr así un conocimiento más general del tema que me permitiera iniciar el trabajo.

Producto de todo este proceso de búsqueda y revisión de información se obtuvo la siguiente reseña bibliográfica:

1.2 – Reseña Bibliográfica.

1. Aguado A. Josa A., Pindado M.A. Caracterización experimental y numérica de hormigones porosos modificados con polímeros. A. Aguado, A. Josa, M.A. Pindado. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería. E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UPC., Cataluña, España, 1998.

En este artículo sus autores exponen los resultados de las experiencias obtenidas con el empleo de hormigones hidráulicos porosos modificados con adiciones de polímeros, de interés para conocer esta tecnología.

2. Aguado A, Aplicación de Hormigones Porosos para Pavimentos Urbanos. A. Aguado, Rosell Josa. Cemento- Hormigón Núm. 694, Junio, España, 1991.

El autor da a conocer los resultados de la aplicación de los Hormigones o Concretos Hidráulicos Porosos empleados en los pavimentos de vías urbanas, como otra posibilidad tecnológica a usar en determinadas casos.



3. American. Concrete Pavement Association “Repair of Ultra Thin White Topping (U.T.W.) Pavements”: Pág.41, Febrero 2004. (E.U.) <http://www.paviments.com>.

Este artículo bajado de Internet da una información general de esta moderna tecnología describiéndose la técnica constructiva a utilizar, en especial las maquinarias y equipos a utilizar para construir o reparar los pavimentos con Ultra Thin White Topping.

4. ANMOPYC. Maquinarias para la Construcción. – España: Editorial Obras Públicas y Minería; 2004. – 255 p.

En este Catálogo se detallan cada una de las ventajas y los campos de aplicación de varias de las máquinas usadas en la construcción de pavimentos tanto por métodos tradicionales como modernos, que se comercializan en España.

5. Bollati B. et al Hormigón Poroso de Altas Prestaciones (HPAP) como capa de rodadura para tráfico pesado. B. Bollati, Talero, Rodríguez, Solis, Hernández. Ponencia de la sesión núm..9 del XIII Congreso Mundial de Carretera de IRF. Toronto, Canadá, 1997.

En la ponencia presentada en este congreso los autores muestran las ventajas del empleo de esta tecnología de construcción para las capas de rodadura de pavimentos de carreteras rurales en un tramo en Villamayor, Salamanca, España.

6. BOMAG. Catálogo del fabricante. Máquinas pesadas. – EEUU. – 6 p.

En este se presentan datos técnicos de diferentes tipos de compactadores usados en la pavimentación de las carreteras tanto con pavimentos flexibles como rígidos.

7. Brian O’Sullivan. Camiones Hormigoneras. International Construction (USA) Vol.: 41 Nro7. Pág. 4 - 6; Febrero 2002.

8. Brian O’Sullivan. Concrete Batching Plant. Wirstgen. International Construction (USA) Vol.: 40 N^o6. Pág. 23; Agosto, 2001.

9. Brian O’Sullivan. Continuous production of concrete slabs and profiles using Slip Form Pavers from Wirstgen. International Construction (USA) Vol.: 40 N^o6. Pág. 23; Agosto, 2001.

10. Brian O’Sullivan. Extendedora de áridos. International Construction (USA) Vol.: 41 Nro1. Pág. 8; Febrero, 2002.



11. Brian O'Sullivan. Pavers. International Construction (USA) Vol.: 41 Nro2. Pág.45; Marzo, 2002.

En los números (del 7 al11) de esta revista especializada se exponen datos técnicos de Camiones Hormigoneras, Plantas de Asfalto, Pavimentadoras de Encofrados Deslizantes, Entendedoras de Aridos y Pavimentadoras Asfálticas, que se emplean en la actualidad en la construcción de pavimentos flexibles y rígidos de carreteras.

12. Castillo García, Lester. Tecnologías de construcción de pavimentos mediante White Topping y Fast Track / Lester Castillo García; Pedro A. Orta, tutor. – TD; UCLV (Construcciones); 2000. – 70 p.

En este trabajo de diploma se brinda una información detallada sobre el estudio y análisis de dos modernas tecnologías de construcción y mantenimiento de carreteras: White Topping y Fast Track; hace una evaluación de su posible aplicación en Cuba, donde tiene en cuenta sus características, campo de aplicación y técnica de construcción, haciendo un estudio de prefactibilidad técnico-económica de su introducción en el país.

13. Cole Larry. Designing White topped Parking Lost to Last. Concrete Construcción (EUA.). N^{ro}. 39 Pág. 343-345; Abril, 1994.

Trata algunas especificaciones a tener en cuenta al construir el White Topping en parqueos de áreas industriales. Hace un breve comentario sobre consideraciones específicas para reparar estas áreas en mal estado.

14. Colombo, R.A. Pavimentos de Bloques (Adoquines) de Hormigón: Su aplicación a diferentes obras de tipo vial/R.A. Colombo. – Argentina: Editorial Cemento Portland Argentino. – 87p.

En este artículo se especifican las formas y dimensiones de las piezas de Adocretos, las especificaciones de los materiales, el procedimiento de diseño a seguir y la técnica constructiva a cumplimentar.

15. Concrete Construction. Vol. 42 N^{ro} 2. Febrero 1997.Ultra Thing White Topping. What is it? How is it done? / M. K. Hurd. Pág.184-191. E. U. A., 1997

En este artículo se explica en que consiste este novedoso método, el autor explica como hacer la preparación de la superficie, la colocación del concreto, el espaciamiento de las juntas y cómo hacerlas, además de la preparación de estas mezclas con fibras de



distintos tipos de materiales, exponiéndose como mayor énfasis el uso de las fibras de polipropileno como mallas de refuerzo.

16. Concrete Construction. Vol.42. N^o2. Pág.. 160 - 164; 1996. Tips for Constructing Concrete Intersections. / Bob. Risser and Mark Jhonsto. E.U.A., 1996

En este artículo los autores nos dan una idea de la utilización de la tecnología Fast Track en determinados lugares como en las intersecciones de carreteras, así como las ventajas que en estos casos ofrece la utilización de hormigones hidráulicos de rápido endurecimiento empleadas en esta tecnología.

17. Construcción de Pavimentos Rígidos y Flexibles / Wigberto Sánchez González, Juan Antonio Torres Vila. La Habana / s.n. /, 1989.-269 p.

Este es el libro de texto que hasta el presente se emplea para la enseñanza y el estudio de las tecnologías de pavimentación empleadas en Cuba, el autor de reconocido prestigio en la temática, aborda detalladamente los principales aspectos tecnológicos a tener presente en la construcción de pavimentos flexibles y rígidos de las carreteras por métodos tradicionales

18. Crespo, Villalaz, Carlos. Vías de Comunicación / C. Crespo Villalaz. – Editorial Limusa, México, 2000, 282 p.

Este libro abarca de forma general la mayoría de los aspectos de diseño y construcción de las vías de comunicación, incluyendo las maquinarias, materiales, método de diseño y cálculo y otros, necesarios para la construcción de carreteras, vías férreas, puertos y aeropuertos.

- 19- C. Jofré. 1er Simposio Intrnacional sobre Estabilidad de Explanadas y Reciclados in situ de firmes con cementos. Salamanca(España). Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Director Técnico. Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones José Abascal, 5328003 - Madrid (España). 1 AL 4 DE OCTUBRE DE 2001

Explica el tema del reciclado in situ pero con cementos

- 20- Radelat Egues, Guido. Principios de la Ingeniería de Tránsito / Guido Radelat Egues – Editorial del Instituto de Ingenieros del Transporte (I.T.E.), EE.UU., 2003, _ 300 p.

Es el más actualizado libro que trata de la Ingeniería de Tránsito en habla hispana, aparecen datos y tablas de gran interés.



21- EURODIG. Catálogo Dumpy 800/500/300. – Italia. – 2 p.

En el mismo se muestra una gran variedad de estos equipos de construcción de carreteras, destacándose sus ventajas y campos de aplicación.

. 21 Estudio del Hormigón Poroso con Áridos del País Vasco, para su utilización en Carreteras. Gobierno Vasco, Proyecto Universidad Empresa UE_1998 No. 46, España, 1998.

El informe de este Proyecto de I + D muestra los resultados positivos del empleo de dichos áridos para producir hormigones porosos, según los estudios efectuados en el país Vasco en el año 1998 en España.

22-Fiat-Hitachi, Compact Line. Minicargadoras. – Italy: Publisher by Fiat-Hitachi Excavators spa. ; Italy, 2000. – 6 p.

En este Catálogo se presenta un surtido muy amplio de estos equipos; así como sus parámetros técnicos y sus campos de aplicación.

23-G. F., Giordino F. Costruzioni Meccaniche. Italia. – 4 p.

Este catálogo presenta una gran variedad de equipos para construcción de pavimentos por técnicas tradicionales.

24-Hormigón Compactado con Rodillo (Roller Compacted Concrete) / Informe del Comité 207 del American Concrete Institute(ACI), E.U.A.. 1991. – 42 p.

En dicho documento son analizados aspectos tales como la dosificación de la mezcla de concreto con asentamiento cero, sus propiedades físico mecánicas, el mezclado, transporte, compactación y curado del hormigón empleado en dicha tecnología constructiva.

25-IV Jornada sobre Pavimentos de Hormigón 2^{da} Sección: Conservación, refuerzo y rehabilitación. La práctica americana. Ponencia: Refuerzo de hormigón y construcción de apertura rápida al tráfico (Fast Track) en los E. U. A./ M. J. Knutson.; EE.UU., 1996

En este artículo se ofrecen datos acerca de la tecnología Fast Track que da la posibilidad de apertura rápida al tráfico y además de la aplicación de la denominada White Topping. Se exponen y destacan aspectos técnicos y económicos de estas modernas tecnologías, haciendo comparaciones con otras tradicionales, así como destacándose las ventajas y desventajas de su utilización en la construcción y reparación de los pavimentos de las carreteras.

26-Joaquín Caraballo. “Evaluación Económica de Programas de Adoquinado Vial” Caraballo, J. Anquiozola. – Nicaragua: LA VIAL S.A., 2000. – 12 p.



Este artículo describe los detalles de la evaluación económica llevada a cabo para justificar el programa de adoquinado vial de Nicaragua.

27-Jofré. C., "Gravacemiento y Hormigón Compactado con Rodillo". Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA), España.- Universidad Politécnica de Madrid: Editorial del Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones; Agosto 2003.

En este artículo se explica detalladamente las características generales de los materiales granulares, aglomerantes, aditivos, áridos, además de abordar cada una de las actividades para llevar a cabo correctamente la construcción de pavimentos mediante esta tecnología.

28. Josa, Alejandro et al. Estudio experimental y análisis estructural de hormigones porosos para capas de rodadura de pavimentos de hormigón. Alejandro Josa, Carlos Jofré, Antonio Aguado, Eberhard Eickschen, Erik Onstentk. Revista Carreteras No. 77 Mayo- Junio, 1995.

Los autores exponen los resultados experimentales y los análisis realizados al material y su comportamiento de hormigones porosos de concreto hidráulico empleados en las capas de rodadura de pavimentos de las carreteras.

29. Lebrero. Bituminadoras y Cisternas Elípticas. – España: Editorial Comoplesa. – 6 p.

Se muestran datos de un Camión Cisterna Regadora de Asfalto, sus características y parámetros técnicos.

30- Leto Momm ,Marilan Pedro Dumke. Estudio del desempeño de hormigon asfaltico drenante modificado con asfalto.

El objetivo del trabajo es estudiar el comportamiento de los hormigones asfálticos drenantes modificados, se busca mejorar sus características físicas y el comportamiento mecánico, principalmente en relación al riesgo de disgregación, de deformación permanente y de permeabilidad, utilizando asfalto goma en su composición.

31-La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas / Alfonso Rico Rodríguez, Hermilio del Castillo Mejía. Mexico / edit. Limusa / 2003.-637p / Vol. II.



Este libro aborda temas referentes a la mecánica de suelos y en particular de las técnicas de estabilización de suelos empleados tradicionalmente en la construcción de carreteras.

32-Maquinas Estabilizadoras de Suelo - Cal. Caterpillar Magazine. Francia. N°3. Pág.12; 2002.

En este catálogo se muestran fotografías de estas máquinas, además de exponer sus características técnicas y ventajas de su aplicación para estabilización de suelos con cal para su empleo como subbases de pavimentos flexibles de carreteras.

M^a Del Mar Colás Victoria, Francisco De Urquía Comas. Jornada sobre utilización de neumáticos fuera de uso en carreteras. CEDEX y de Medio Ambiente. Madrid, 2004. Explica la reutilización de los neumáticos, empleándolos como materia prima en la obtención de polvo de caucho que se puede utilizar en la construcción de carreteras.

33-Marcelo Dolimier. Avances en la Medida de la Rugosidad (IRI) de Pavimentos de Hormigón Construidos con Pavimentadora de Moldes Deslizantes / Marcelo Dolimier, R. Torrent. — Argentina: Editorial Instituto del Cemento Pórtland de Argentina, 2000. - 14 p.

En este libro el autor da a conocer los avances alcanzados en los aparatos o instrumentos de medición usados para medir el IRI en los pavimentos rígidos de las carreteras.

34-Manuel Atienza Díaz , Marta Beatriz Zarzo Varela, Manuel Sala Casanova. Comunicacion sobre pliego para reciclado de B.C en frio in situ con emulsiones bituminosas.

Explica lo relacionado al reciclaje pero con emulsiones, es un trabajo que explica desde los materiales hasta el metodo que se debe efectuar para la realizacion de mismo.

35- Manuel F.Quintero Quintero.Reciclado de firme in situ con emulsiones . II Congreso Andaluz de Carreteras, Cádiz.

Este documento pretende comunicar una experiencia de construcción, aportando los datos disponibles que puedan ser de interés para para experiencias posteriores.

Sin embargo, solo se da unas nociones muy generales sobre la técnica de los reciclados en frío in situ con emulsión bituminosa, sin aportar novedades teóricas

36-Morgan Mercado, Bosco Javier. Tecnologías Tradicionales y Modernas de Pavimentación de Carreteras y Aeropistas. / Bosco Javier Morgan Mercado, Pedro A. Orta, Tutor. –TD, UCLV (Construcciones), 2003-2004.



Este trabajo de diploma es el primero de los realizados con el propósito de escribir un libro sobre tecnologías de pavimentación, haciendo con gran calidad una gran recopilación de la información sobre todo de las modernas tecnologías utilizadas.

37-NC. 052-13-78. Hormigón Hidráulico. Losas de Pavimento. Sellado de grietas. – Vig. desde 1978.

Se aborda el procedimiento y especificaciones a la hora del sellado de las grietas a las losas de los pavimentos.

38-NC:250 Carreteras—Pavimentos de hormigón Hidráulico-Losas-Código de buenas Practicas

Norma vigente para la construcción de pavimentos rígidos en Cuba.

39-. NC 54-79:1986 Materiales y productos de la construcción. Asfalto.

Determinación del peso específico

Esta norma establece el método de ensayo para la determinación de peso específico de los asfaltos sólidos y semisólidos. Así como los aparatos, utensilios y medios de medición, como se debe preparar la muestra, y el procedimiento que se lleva para la realización de este ensayo.

40- NC 54-85:1978 Materiales asfálticos. Determinación de la solubilidad en tricloruro de carbono, bisulfuro de carbono y nafta. Método de ensayo

Esta norma establece el método de ensayo para la determinación de sustancias asfálticas en materiales, que contienen como mínimo el 25% de asfalto. Como también los aparatos, utensilios y medios de medición, como se debe preparar la muestra, y el procedimiento que se lleva para la realización de este ensayo.

41-NC 54-118:1978 Materiales asfálticos. Determinación de la pérdida de peso por calentamiento. Método de ensayo.

Este ensayo se aplica para determinar el peso (excluyendo el agua), de compuestos asfálticos cuando se calienta. Además de explicar los aparatos, utensilios y medios de medios de medición que se utilizan, la preparación de la muestra y el procedimiento que se lleva a cabo en este ensayo

42-NC 54-194:1985 Materiales y productos de la construcción. Hormigón Asfáltico Caliente. Toma de muestra.



Esta norma se aplica para la toma de muestra del hormigón asfáltico, caliente y frío, producido en plantas, almacenado, tendido y compactado en obras.

43-NC 054-195:78. Especificaciones sobre el Método Marshall. Vigente desde el 1985.

Aparecen detalladas todas las especificaciones para diseño de mezclas asfálticas por el Método de Diseño Marshall.

44- NC 054-233:85. Exigencias a cumplir por el Asfalto y los Áridos para la Mezcla Asfáltica. -- Vigente desde 1985. .

Se resumen cada una de las exigencias que hay que tener en cuenta para seleccionar los áridos y asfaltos para las mezclas asfálticas.

45-NC 120: 2004 Hormigón hidráulico Especificaciones

Esta Norma Cubana establece las especificaciones técnicas generales para los materiales componentes del hormigón hidráulico , la composición del hormigón, las propiedades del hormigón fresco y endurecido y su verificación, así como para todo el proceso de preparación, transporte, entrega, vertido, curado del hormigón fresco y los procedimientos de control de la producción, los criterios y la evaluación de la conformidad.

46-. NC 159:2000. Carreteras. Obras de Conservación Vial. Reparación corriente a las vías pavimentadas.

Esta Norma Cubana establece los procedimientos para la ejecución de los principales trabajos o actividades a realizar en la reparación corriente de las vías pavimentadas. Las obras o labores de conservación vial se realizan para subsanar los deterioros progresivos y normales originados por la explotación de las carreteras o la acción de otros agentes (la naturaleza, el hombre, etc.). Su objetivo es mantener la vía en estado semejante al que fue construida, sin modificaciones sustanciales del diseño original de la obra. Por su complejidad se dividen en obras o labores de reparación y de mantenimiento.

47-NC 160:2002 Carreteras. Hormigón Asfáltico Caliente. Colocación en obra.

Esta norma establece el procedimiento para la colocación del hormigón asfáltico caliente en obra. Es aplicable a la preparación de la superficie de apoyo, el transporte, tendido y compactación del hormigón asfáltico en caliente en obra, tanto del que se coloque en



obras nuevas, en reconstrucción, en reforzamiento y en reparación de pavimentos flexibles.

48-NC 161:2002 Carreteras. Bases y subbases de caliza blanda.

Esta norma cubana especifica los requisitos técnicos de los materiales de origen calcáreo para ser utilizados en bases y subbases. Es aplicable al diseño de las capas de base y subbase de pavimentos de carreteras y aeropuertos

49-NC 174:2002 Hormigón fresco. Medición del asentamiento por el cono.

Esta norma establece el procedimiento para realizar el ensayo de asentamiento del hormigón fresco usando el cono de Abrams para las consistencias secas, plásticas, blandas y fluidas, cuyos rangos de asentamientos puedan tener valores de 10 mm hasta 230 mm. Este procedimiento solo será válido para hormigones de tamaño máximo del árido grueso no mayor de 38,1 mm.

50-NC 178:2002 Áridos. Análisis granulométrico

Esta Norma Cubana establece el procedimiento que debe seguirse para la determinación de la granulometría de los áridos gruesos y finos, por medio de tamices de aberturas cuadradas.

51-NC 179:2002 Áridos. Determinación del contenido de partículas de arcilla. Método de ensayo.

La siguiente Norma Cubana establece el procedimiento que debe seguirse para la determinación del contenido de partículas de arcilla en los áridos que se utilizan en la elaboración de hormigones y morteros.

52-NC 181:2002 Áridos. Determinación del peso volumétrico. Método de ensayo.

Esta Norma Cubana establece el procedimiento que debe seguirse para la determinación del peso volumétrico de los áridos gruesos y finos.

53-NC 182:2002 Áridos. Determinación del material más fino que el tamiz # 200. Método de ensayo.



La norma establece el procedimiento que debe seguirse para la determinación de la cantidad total de finos existentes que pasan por el tamiz de 0,074 mm (No. 200) en los áridos que se usan en la construcción

54-NC 183:2002 Áridos. Estabilidad a la acción del sulfato de sodio o del sulfato de magnesio. Método de ensayos.

Esta Norma Cubana establece el método de ensayo para determinar la estabilidad de los áridos ante soluciones saturadas de sulfato de sodio o de magnesio.

55-NC 185:2002 Arena. Determinación de impurezas orgánicas. Método de ensayos.

Esta Norma Cubana establece el método de ensayo para determinar aproximadamente la presencia de impurezas orgánicas en la arena.

56-NC 186:2002 Arena. Peso específico y absorción de agua. Método de ensayos

NC 187:2002 Árido grueso. Peso específico y absorción de agua. Método de ensayo.

Esta Norma Cubana establece el procedimiento que debe seguirse para la determinación del peso específico corriente, el peso específico saturado (sin humedad superficial), el peso específico aparente y la absorción de agua de los áridos gruesos que se utilizan en la elaboración de hormigones.

57-NC 188:2002 Áridos gruesos. Abrasión. Método de ensayo.

Esta Norma Cubana establece el método de ensayo para determinar la estabilidad de los áridos ante soluciones saturadas de sulfato de sodio o de magnesio.

58- NC 189:2002 Áridos gruesos. Determinación de partículas planas y alargadas. Método de ensayo.

LA norma explica como se debe aplicar el ensayo para la determinación de partículas planas y alargadas en los áridos gruesos que se utilizan en la elaboración de hormigones. Así como también se aplica a la roca triturada y a la grava triturada.

59-NC-190:2002 Áridos gruesos. Determinación del índice de trituración.



Esta Norma Cubana establece el método de ensayo para determinar el índice de tritabilidad de los áridos gruesos de peso normal con fracción de 4,76 mm a 38,1 mm que se utilizan en la elaboración de hormigones.

60-NC-251 Árido para hormigón. Especificación.

Esta norma explica las especificaciones que debe cumplir los áridos tanto gruesos, finos como el polvo filler

61-NC-253:05 Carreteras. Materiales bituminosos. Hormigón Asfáltico Caliente. Especificaciones.

62-NC-254:05 Carreteras. Emulsión asfáltica aniónica. Requisitos.

63-NC-255:05 carreteras. Colocación de Macadán por penetración. Código de buenas prácticas.

64-NC-256:05 Carreteras. Reparación del área de trabajo. Código de buenas prácticas.

65-NC-52-46-:78 Viales. Riego Asfáltico por penetración invertida. Especificaciones constructivas.

66-NC XX-2008 Áridos para Mezclas Asfálticas. Especificaciones.

Esta norma explica la utilización de los áridos para las mezclas asfálticas

67-Nieto, M. R. Maquinarias de Señalización Horizontal. Revista Rutas (España). N^o 45. Pág. 29; Diciembre 1994.

Se muestra una maquina en pleno proceso de señalización de los pavimentos; así como los requerimientos que estas deben poseer y sus características.

68-Norma Peruana. El adoquín de concreto en los pavimentos urbanos. – 6 p.

Este trabajo explica detalladamente la norma correspondiente al adoquín de concreto y la de sardineles prefabricados; así como las especificaciones técnicas y el diseño estructural para pavimentos con adoquines de concreto en dicho país.

69-Orta Amaro, Pedro Andrés. Pavimentos de Piezas de Hormigón (Adocreto) una técnica Alternativa de Pavimentación en Cuba Artículo aprobado a publicar en la revista Ingeniería Civil / P.A., Orta Amaro, R.G. López. – Facultad de Construcciones U.C.L.V., 2007. – 6 P.

Se expone las ideas esenciales de está técnica constructiva, destacando las ventajas de su empleo en Cuba, el método de diseño y de construcción, como alternativa para la



construcción de pavimentos para calles de barrios en zonas urbanas y suburbanas, parqueos, accesos viales u obras sociales e industriales.

70-Orta Amaro, P.A. Notas de Clases de la Asignatura “Diseño y Construcción de Pavimentos” del Plan de Estudios C Perfeccionado/ P.A, Orta Amaro. – Facultad de Construcciones, Departamento de Ingeniería Civil, U.C.L.V. Santa Clara, 2004.

Son los planes de clase de la asignatura que se imparte al cuarto año de la Carrera de Ingeniería Civil en la UCLV por el tutor de este Trabajo de Diploma.

71-Orta Amaro, Pedro Andrés. Libro tecnología de pavimentacion del Plan de Estudios C Perfeccionado/ P.A, Orta Amaro. – Facultad de Construcciones, Departamento de Ingeniería Civil, U.C.L.V. Santa Clara, 2007.

El libro abarca todo lo relacionado con las tecnologías tradicionales y las modernas existentes en nuestro país.

72-Owen. Trabajo de Diploma Tecnología de Pavimentacion, tutor Pedro Orta, 2006-2007

Es el trabajo de diploma realizado por el diplomante owen, sobre la fundamentacion del libro tecnología de pavimentacion

73-Pérez González, Yamilsis. Tecnologías Tradicionales y Modernas de Pavimentación de Carreteras y Aeropistas. / Yamilsis Pérez González, Pedro A. Orta, tutor. –TD, UCLV (Construcciones), Curso 2004-2005.

Este trabajo de diploma es el segundo intento en confeccionar una versión del libro de tecnologías de pavimentación.

74-Pérez Sánchez, Maret O. Tecnologías de construcción de pavimentos mediante White Topping y Fast Track. / Maret O. Pérez Sánchez; Pedro A. Orta, tutor. – TD; UCLV (Construcciones); 1999. – 70 p.

En este Trabajo de Diploma se brinda una información detallada sobre el estudio y análisis de las dos tecnologías de construcción y mantenimiento de carreteras, White Topping y Fast Track y hace una evaluación de su posible aplicación en Cuba, donde tiene en cuenta sus características, como campo de aplicación y técnica de construcción, así como un estudio de prefactibilidad técnico-económica de ambas tecnologías.



75-Primer Seminario Provincial Urbano. Construcción de Pavimentos de Adoquines de Concreto. / Luís Fernando Luvini, Alfredo Emilio Llopis. Pág. 1-14; abril 1998.

Este trabajo presenta la experiencia del Partido Bonaerense de Escobar en la construcción de capas de rodadura compuesta por adoquines de concreto colocados sobre una capa de arena y con un sellado de arena en las juntas. Además se detallan las ventajas de esta tecnología; así como el proceso de fabricación de los bloques, la adecuación del proyecto geométrico, construcción de la base, el confinamiento externo, colocación de adoquines, compactado y sellado, tiempo de ejecución, costo reales y hacen una comparación con los otros sistemas existentes en Argentina.

76-PROYECOL. Bloquera Adoquinera. – Colombia.

Este catálogo muestra una variedad de equipos entre ellos una Bloquera-Adoquinera, sus especificaciones y parámetros técnicos para su uso en la fabricación de Adocretos.

Reglamento Técnico de la Construcción. No. 1: 2003. Control de Calidad del Hormigón.

El Reglamento se aplica a todo el proceso tecnológico de preparación, transporte, vertido, compactación y curado del hormigón en la conformación de estructuras. Es válido para la producción de hormigones de densidad normal, de alta densidad y de hormigones ligeros.

77-R. K. Dhir, N. A. Henderson. Concrete for infrastructure and utilities (England). Pág.1-10; 1996.

En este artículo se abordan las especificaciones a considerar en cuanto a los materiales a utilizar en la construcción; así como la metodología de diseño, dosificación y control de la calidad de estos tipos de pavimentos. Además se cita un ejemplo en la construcción de un tramo de carretera con la tecnología de Hormigón Poroso de Altas Prestaciones (“H.P.A.P.”) en Inglaterra.

78-RC-3023. Tratamientos superficiales. Especificaciones constructivas.-Vig. Desde; abril 1981.

El documento expone los procedimientos y los puntos de control de tratamientos superficiales simples o dobles y fija las especificaciones de calidad de los materiales a emplear y de los trabajos a realizar.

79-RC-3025. Macadán Asfáltico por Penetración. Especificaciones constructivas.- Vig. Desde; abril 1981.



Aquí se explican los procedimientos y los puntos de control en la construcción de una o más capas de macadán por penetración para los pavimentos, además comenta las especificaciones de calidad de los materiales y de los trabajos.

80-RC-3026 Pavimentación. Pavimento de hormigón hidráulico, bacheo y sellado de grietas.

81-RC-3158. Base pétreo de granulometría continua. Especificaciones constructivas. Vig. Desde; febrero 1985.

Esta regulación detalla los pasos y los puntos de control a seguir en los trabajos de tendido y compactación de la base pétreo de granulometría continua, así como las características del material a utilizar y la preparación de la subbase

82-RC-3181. Pavimentación. Ejecución de la Compactación del H.A.C. por Compactador Vibratorio. Vig. desde 02-88.

83-RC-4022. Pavimentadora de Hormigón Asfáltico Caliente. Uso y Operación. Vig. Desde 01-84.

84-Refuerzo con hormigón y construcción de apertura rápida al tráfico (Fast Track) en los Estados Unidos / M. J. Knutson. – TEV; ACPA; - /s.l.:sn.,1997.- 22 p.

Se exponen las modernas tecnologías: White Topping y Fast Track según la práctica de los E. U. A. Se explican los métodos constructivos de forma mecanizada para ambas tecnologías

85-Rehabilitación de pavimentos de hormigón con armadura estructural. / Mariano Enrique Pombo; Antonio Blanco Blasco, tutor. TVE; CIP (Consejo Departamental de Lima). La rehabilitación y el mantenimiento de las carreteras del Perú. 1992. Pág.49-78.

En este libro se presenta las experiencias peruanas en el empleo de dicho tipo de pavimento.

86-Ricardo López Perona. Pavimento de hormigón de rápido endurecimiento (Fast Track). Rutas (España) Vol.:39 N^o 4. Pág. 16-24; junio 1991. Pavimento de uso rápido.

En este artículo se aborda cómo realizar algunas actividades del proceso constructivo de la técnica de rápida apertura al tráfico (Fast Track).

87-Sandra Oda. Viabilidad técnica de usar caucho de neumaticos como material de pavimentacion. Departamento de ingeniería civil en la universidad estatal de Maringa.UEM



Abarca lo relacionado al tema del caucho en el pavimento, explicando los materiales, las mezclas y los métodos existentes

88- Solís L.A et al. Pavimento de hormigón poroso de altas prestaciones como capa de rodadura para tráfico pesado. L.A. Solís, M. Bollati, J. Díaz Minguela, J.E García E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid. 1er Simposium Nacional de Hormigón de Alta Resistencia. Madrid 25-27 Febrero, 1998.

Los autores presentan los resultados de las investigaciones sobre el comportamiento de este tipo de concreto sometido a tráfico pesado

89-Owen. Trabajo de Diploma Tecnología de Pavimentación, tutor Pedro Orta, 2006-2007

90-T. Paul Tang, "Superpave Mixture Design Guide "US Department of Transportation, and Federation Highway Administration": Pág.23. Febrero 2001. (E.U.). <http://www.tfhr.gov>.

Se abordan cada uno de los procedimientos y los problemas que deben considerarse durante el proceso de diseño de mezclas de concreto hidráulico para su uso en este método, además muestra todas las especificaciones que exige esta tecnología para obtener excelentes resultados.

91-THOMAS. Cargadores Piezas y Accesorios. – EEUU; Editorial Thomas Equipment; Octubre 1991. – 6 p.

Se especifican las piezas y accesorios necesarios para estas máquinas de construcción.

92-Tomás, J.S., Losada, R., Roji, E. "Posibilidades del Hormigón para Capas de Rodadura". Revista Española Arte y Cemento. 1.909: Pág. 1-10, 2001. (España) <http://www.artecemento.com>.

En este artículo se cita como ejemplo la realización de un tramo experimental de una vía con un tráfico pesado, en dicho tramo se aplicó la técnica de Hormigón Poroso de Altas Prestaciones, donde el HPAP en estado fresco se compactó en dos capas, debido a la necesidad de colocar los pasadores en las juntas transversales.

93-Torrejón, J, La tecnología "SHRP-SUPERPAVE, Evaluación de su Aplicabilidad en Chile": Pág. 28. Marzo 1999. (Chile). <http://www.universidadchile.com>.

El presente informe expone en forma sintetizada la tecnología SUPERPAVE (Superior Performing Asphalt Pavements)-SHRP (Strategic Highways Research Program) empleado en el diseño de mezclas de hormigón asfáltico caliente de las carreteras de alto volumen de tráfico.



94-Torres Vila, J. Diseño y Construcción de Explanaciones / J. Torres Vila, _La Habana: Editorial ENPES, 1986. --Tomo.2 -- Pág. 3 -182.

En este libro se tratan las técnicas empleadas en las estabilizaciones de suelos con o sin aditivos para subbases y bases de pavimentos de carreteras; especificándose los procesos de diseño, dosificación de los materiales, las maquinarias a utilizar y la tecnología constructiva

95-VÖGELE. Catálogo. Pavimentadora. – España. – 2 p.

Se presentan datos y parámetros técnicos de esta firma líder mundial en la fabricación de Pavimentadoras Asfálticas

96-. Witoszek B, Rodriguez M. and Bollati.B High Performance Porous Concrete for Road Traffic. B. Witoszek, M. Rodriguez and B. Bollati 8th International Symposium on Concrete Roads 13-16 September 1998, Lisboa (Portugal).

Estos investigadores exponen los resultados de su trabajo en dicho simposio Internacional al evaluar el comportamiento de este tipo de hormigón en un tramo experimental de carreteras en España.

97-White Topping ¿La solución?. Revista OBRAS No. 18 Separata Técnica. Antonio T. Martínez, Dirección de Desarrollo Tecnológico del MICONS. C. Habana, Cuba, 2003

El autor en su artículo aborda la tecnología White Topping y de las posibles ventajas que se obtendrían con su aplicación en las labores de reparación de los pavimentos flexibles de las carreteras cubanas.

1.3 – Estado del Arte de la Tecnología de Pavimentación.

Después de hacer una revisión y estudio detallado de todos los documentos anteriormente enumerados en la reseña bibliográfica que tratan sobre las tecnologías tradicionales y modernas utilizadas en Cuba y en el Mundo para la Estabilización de Suelos, Tratamientos Asfálticos Superficiales, de construcción y reparación de los Pavimentos Flexibles y Rígidos; las modernas tecnologías como: White Topping, Fast



Track, Hormigón Compactado con Rodillos, Superpave, Hormigón Poroso de Altas Prestaciones, Pavimentos de Adcretos, Street Print, Pavimentos con Hormigón Piedra, se realiza un análisis y se plantean criterios sobre los materiales, equipos, técnicas o procedimientos constructivos que se emplean en dichas tecnologías constructivas, las que resumidamente se expresan seguidamente:

Con relación a los Materiales empleados se aprecia que:

Los Áridos : Los áridos como todo material tiene que cumplir varios requisitos para ser utilizados tanto en mezclas asfálticas como en hormigones hidráulicos, los mismos en su utilización se clasifican en 3, áridos gruesos , áridos finos y el polvo mineral (filler) los cuales deben cumplir los siguientes requisitos:

1. Los áridos gruesos procederán de la trituración y clasificación de piedra de cantera o de grava natural, se aproximarán a la forma cúbica, tendrán aristas definidas y superficie rugosa, estarán limpios, poseerán adecuada afinidad con el asfalto, serán resistentes, de uniformidad razonable y estarán exentos de arcilla u otras materias extrañas.
2. En el caso de áridos redondeados que se sometan a un proceso de trituración, se exige que aquellos retenidos en el tamiz #4 tendrán al menos el 75% en peso con 2 ó más caras de fractura.
3. Los áridos finos serán arenas procedentes de la trituración de la roca (polvo de piedra) o una mezcla de éste con arena natural (el proyecto de mezcla definirá el % máximo de arena natural a emplear en la mezcla), serán granos limpios, sólidos resistentes, de uniformidad razonable, exentos de arcilla y de materias extrañas o nocivas.
4. El árido fino que proceda de la trituración de la roca se obtendrá de materiales cuyo valor de desgaste cumpla con las condiciones exigidas al árido grueso.
5. El Filler de aportación se compondrá de partículas muy finas de caliza dura con más del 70% de CO_3Ca , cemento Pórtland, cal apagada, polvo fino de escorias,



cenizas volantes de naturaleza adecuada (producto de quemar carbón pulverizado o puzolana Artificial) u otro material mineral aprobado de naturaleza no plástica.

6. La densidad de las partículas del árido, se debe determinar dependiendo del tamaño del árido y se deben declarar los resultados.

7. La afinidad de los áridos gruesos a los ligantes asfálticos se determinará cuando se requiera, y se deben declarar los resultados.

Los Asfaltos que se empleen en la producción de las mezclas u hormigones asfálticos deben ser homogéneos, libres o desprovistos de agua, debiendo poseer una consistencia que en un rango razonable de temperatura, que sean lo suficientemente fluidos para garantizar el cubrimiento total de la superficie de los áridos en la mezcla, pero a la vez lo suficientemente viscosos como para garantizar la cohesión necesaria entre los áridos y con ello la estabilidad del esqueleto mineral de la mezcla.

Los Hormigones Asfálticos, estos hormigones pueden ser H.A.C la cual es mas homogénea debido al proceso de calentamiento al cual es sometido, en el cual es eliminado también el polvo de los áridos, este tipo de hormigón se clasifica en denso, semidenso, poco denso, abiertos y permeables.

Otro tipo de hormigón es el H.A.F que se utiliza para la conservación de vías urbanas y rurales de bajas categorías por poseer menor categorías que el H.A.C, donde este logra un comportamiento satisfactorio.

Este tipo de hormigón tiene dos tipos de variante, mezclas en caliente colocadas en frío y mezclas en frío colocadas en frío, para las cuales existen tres tipos de mezclas densas (con emulsiones asfálticas a temperatura ambiente), semidensa (cut back) y las abiertas (cut back). Para la aplicación de estas mezclas hay que hacer un análisis de factibilidad tecnológico, acompañado del económico.

Además ha surgido el hormigón asfáltico poroso que posee ciertas ventajas dignas de ser consideradas sobre todo en las vías urbanas. Como dato a destacar, con respecto a la estructura particular del hormigón poroso aplicado a carreteras, decir que su estructura porosa se mantiene indeformable en el tiempo. Esta es una cuestión muy importante de cara a la colmatación, ya que el volumen de huecos inicial no se cierra



por acción del tráfico o la temperatura como ocurre en los firmes de aglomerados porosos.

Cabe destacar que a los veinte años de vida de servicio de este hormigón tiene aún más volumen de poros interconectados, que el aglomerado poroso a tiempo 0. Este es uno de los grandes secretos de este tipo de firmes.

Los Hormigones Hidráulicos usados en Pavimentos rígidos pueden ser los tradicionalmente empleados o especiales para lograr con el uso de aditivos alcanzar altas resistencias en pocas horas y ser porosos de altas prestaciones.

Los Adocretos(o adoquines): En realidad esta es una vieja idea (Pavimentos de adoquines de granito), traída al presente con una nueva tecnología, ahora los adoquines son de concreto. Actualmente la utilización de este tipo de pavimento tiene un uso casi marginal (Estacionamientos, Estaciones de servicio, pasajes peatonales), pero usándolo adecuadamente y en casos especiales tiene una serie de ventajas que nos llevo a decidir su utilización.

Los adoquines son piezas prefabricadas que se producen con un equipo sencillo, se llevan a la obra terminados, por lo que se puede abrir al servicio del tránsito en el momento de terminada la obra. La colocación no implica un gran capital adicional, solamente es necesario una cuadrilla de hombres prácticos en la tarea. En caso de necesitar hacer roturas parciales para la construcción de servicios (Agua corriente, cloacas, etcétera), se hace un corte sacando los adoquines necesarios y estos se pueden reutilizar en el mismo lugar, la liberación al tránsito es instantánea, por lo que se ahorra muchísimo en dinero y molestias para el vecino. Se ocupa mano de obra intensiva, algo que debe ser tenido en cuenta en este momento por todos los niveles de gobierno.

Las tecnologías de pavimentación, han evolucionado rápidamente en los últimos años pudiendo clasificarse las mismas para Cuba en tradicionales y modernas, las primeras las que surgieron hasta los años 80 y las segundas de la década pasada a la actualidad (las que han surgido en los años 90 al presente), las que se desarrollan



detalladamente en sendos capítulos del libro que se presenta como Anexo de la Tesis. No obstante de la mayoría se exponen seguidamente algunos criterios:

Tecnología de Estabilización de Suelos: la solución tradicional es eminentemente económica, ya que logra con la adición de determinadas sustancias a un suelo, elevar la calidad de los materiales locales; de esta forma se hace un uso intensivo de éstos en las zonas donde los materiales de mayor calidad escasean o se encuentran a distancias tales que el costo de transportación los hace prohibitivos desde el punto de vista económico para su uso en la construcción. Los tipos de estabilización de suelos están en dependencia del aditivo usado para mejorar el comportamiento de un suelo dado; así por ejemplo, la estabilización a base de la mezcla de dos o más suelos, la estabilización con cemento, cal, asfalto, etc. (30,70). Las tecnologías modernas de estabilización de suelos por medios mecánicos y el empleo de sustancias especiales son impresionantes y deben ser conocidas por los Ingenieros Civiles para tratar de emplearlas en Cuba cuando resulte factible (30,70).

Los Tratamientos Asfálticos Superficiales: lo que se pretende lograr con estos tipos de tratamientos superficiales es obtener una superficie de circulación cómoda, segura y económica en los pavimentos de las carreteras logrando una mejor permeabilización, protección contra la erosión, protección contra el polvo, un mejor sellaje, así como la protección contra deslizamientos, proporcionarle un mejor color a la superficie y modificar la lisura.

Es importante destacar que con la aplicación de éstos tratamientos dado su naturaleza o características y sus espesores no son capaces de incrementar significativamente la capacidad resistente de la subbase, ni de modificar apreciablemente la conformación de la superficie sobre las que se aplican, por ello requieren que las subbases o bases a las que se le aplicará estos tratamientos deban cumplir especificaciones básicas establecidas.

Tecnología Tradicional de Construcción de Pavimentos Flexibles. Los pavimentos flexibles son aquellos que tienen la capacidad de adaptación a pequeños asentamientos



diferenciales que pueden experimentarse en la explanación, sin que se agrieten, manteniendo su integridad estructural y capacidad de transmisión de cargas. Este pavimento está compuesto por tres capas diferentes: capa superficial, de base y de subbase, donde la calidad de los materiales componentes de cada capa es decreciente en la profundidad, acorde con la distribución normal de tensiones verticales. En cuanto a la capacidad estructural de estos pavimentos flexibles dependerá de la capacidad de distribución de las cargas en cada capa componente y de la capacidad resistente ó portante de la subrasante o CBR (17,36). En el Anexo de este Trabajo de Diploma en su Capítulo 1 se expone detalladamente esta tecnología constructiva

La Tecnología de Construcción de Los Pavimentos Rígidos: Su capacidad estructural depende de la elevada rigidez de una losa construida con hormigón hidráulico, la cual es capaz de distribuir las cargas del tráfico en una superficie o área suficientemente grande para lograr que las tensiones verticales transmitidas hacia la subbase del pavimento posean valores muy pequeños, por lo que existe una diferencia esencial con los pavimentos flexibles donde la resistencia de la explanación desempeña un rol fundamental, no admitiéndose la aparición de grietas en la losa, por lo que la resistencia a flexión de la losa es de gran importancia asegurarla . Es una tecnología que ha evolucionado rápidamente dando lugar a la White Topping, Ultra Thin White Topping, Fast Track y la HPAP, sin cambios sustanciales en las maquinarias utilizadas. La Tecnología White Topping puede afirmarse que no difiere mucho de las tecnologías de construcción tradicional de pavimentos rígidos (mecanizada o manual), sólo que el W.T. para su empleo no se requiere de excavaciones ni de otros trabajos de movimientos de tierra, casi siempre solo debe realizarse un ligero tratamiento superficial o sea limpieza de la capa de superficie del pavimento asfáltico, para la colocación o construcción de la losa de concreto sobre el mismo. Aunque en algunas ocasiones, dado el mal estado de la capa de rodadura, es necesario retirarla dejando la base granular, por lo que se lograra una mayor unión entre ambos elementos y por lo tanto una mejor transmisión de cargas del tránsito, este tratamiento en el pavimento se hará por ejemplo cuando existan roderas mayores



de 5 cm. grandes baches, grietas de gran profundidad, en general en zonas que no presenten un buen soporte uniforme.

Se plantea que el refuerzo del hormigón se colocará directamente sobre el pavimento existente sólo cuando existan deformaciones tanto longitudinales como transversales que sean de tal magnitud que puedan originar variaciones en el espesor. La armadura se pondrá en el centro de las losas. Como segundo aspecto interesante para la ejecución de White Topping es que se pueden utilizar desde métodos artesanales hasta totalmente mecanizados.

En el Ultra Thin White Topping se logra una unión entre la capa de rodadura del pavimento flexible y la del hormigón hidráulico de refuerzo considerándose como un sistema, compuesto por una capa delgada de concreto hidráulico reforzada con una malla de acero, la que se coloca sobre la superficie del pavimento deteriorado, estas capas no se comportan por independiente sino que forman una capa integral. De esta forma se reducen las tensiones, ocurriendo las críticas en el pavimento y no en la parte inferior de la losa.

En la tecnología de Fast Track sí se usan las técnicas constructivas de alto grado de mecanización usándose las mismas maquinarias, prefiriéndose el empleo de la pavimentadora de encofrados deslizantes (Slipform Paver), con la cual se obtendrían muy buenos resultados, respecto al rendimiento y calidad en el proceso constructivo.

Para que exista un rápido fraguado y una alta resistencia en corto tiempo imprescindible en la tecnología FT es necesario usar aditivos. Ejemplos de estos aditivos son: Sika-4, (aceleradores de fraguado), Friolite 161 fl, Sika-2 (17,35). Las actividades del proceso constructivo no difieren mucho del método tradicional (17,35). Otra ventaja del Fast Track es que no necesita acabado ni textura especial (17,35).

Una característica fundamental y general que hay que tener en cuenta para todo el proceso de construcción y preparación en esta tecnología es la de control y calidad, que sin ésta no se efectuará un buen trabajo (17,35). Esta tecnología requiere de técnicas muy avanzadas, ya que se debe contar con la maquinaria necesaria para la utilización de las mismas, principalmente la pavimentadora de encofrados deslizantes (27).

Para terminar puede afirmarse que estos métodos de construcción y reparación de pavimentos rígidos tienen una amplia utilización, pero específicamente en



intersecciones, aeropistas, tramos de vías que enlacen lugares de alto tráfico, parqueos de equipos pesados, entre otros similares.

El Hormigón Compactado con Rodillos (“R.C.C.”) es una tecnología de hormigonado que se ha empleado con mayor fuerza en las carreteras desde los inicios de los años 90, es un proceso constructivo utilizado para el hormigonado rápido de losas de concreto hidráulico masivo, como por ejemplo los pavimentos rígidos de carreteras y aeropistas.

Esta difiere del método convencional y es lo relacionado con el proceso de ejecución el cual se lleva a cabo con maquinarias de movimiento de tierra (la compactación del hormigón hidráulico de consistencia cero se realiza con Cilindros Vibratorios), pero a su vez el hormigón debe estar lo suficientemente húmedo para posibilitar una distribución adecuada de la pasta aglomerante a través de toda la masa durante el proceso de mezclado y vibración y para la total hidratación del cemento, lográndose así la resistencia de diseño (27).

Otro aspecto interesante a destacar sobre el “R.C.C.” es que difiere del hormigón convencional, en cuanto a la dosificación de la mezcla, ya que generalmente hay un 40% menos de agua y un 30 % menos de pasta en el del “R.C.C.” en comparación con el hormigón convencional (27).

Otro punto a abordar es lo relacionado con las medidas que hay que tener en cuenta para evitar los problemas de adherencia entre el hormigón fresco y el endurecido, en dependencia del tamaño del árido a utilizar. También se tiene que reducir la segregación del “R.C.C.” durante el transporte y la colocación, así como empleando mezclas de asiento de alta plasticidad para comenzar la colocación del hormigón (27).

En el hormigonado por capas, la mezcla de “R.C.C.” puede emplearse sobre el hormigón colocado previamente, considerando que el hormigón más viejo tenga la plasticidad suficiente para facilitar una unión por vibración con el hormigón fresco que se colocará (27).

Debido a la consistencia seca del hormigón y sus efectos sobre las especificaciones de la dosificación de la mezcla, es necesario que la Planta Dosificadora o Mezcladora de Hormigón esté en correcto estado técnico y que su transportación sea la idónea.



Un asunto importante a resaltar es que la tecnología de “R.C.C.” no emplea ni curados ni acabados especiales, por consiguiente se pueden usar los métodos tradicionales en los pavimentos de hormigón hidráulico (17,35).

El “Hormigón Poroso Altas Prestaciones” estos hormigones se fabrican con materiales similares a los utilizados en los convencionales, sólo que con especificaciones y composiciones granulométricas son diferentes y algunos aditivos especiales. (2, 5, 21, 28, 55, 68)

En cuanto a la fabricación del hormigón poroso no debe olvidarse que como todo hormigón de alta prestación, requiere de materiales de calidad y de un determinado nivel tecnológico, no permiten fallos en su dosificación, fabricación y proceso constructivo y necesitan de un control de calidad elevado. Para ello se debe utilizar una Planta capaz de fabricar un volumen de hormigón que permita a la Extendedora o Pavimentadora de Encofrados Deslizantes (SLIPFORM PAVER) estar continuamente alimentada; además de que el control sea digital y por peso (no volumétrico) (2, 5, 21, 28, 55, 68). En las referencias (2, 5, 21, 28, 55, 68) se plantea que el diseño y construcción del “H.P.A.P.” para usarlo como capa de rodadura se realiza de dos formas. La primera consiste en una capa delgada y donde la adherencia entre las partículas se realiza con una mezcla de agua, cemento y resinas. La relación agua/cemento de la pasta y la consistencia del hormigón son muy bajas. La segunda es una capa gruesa, donde la adherencia se realiza con una mezcla de agua, cemento y aditivos reductores de agua, siendo la consistencia muy baja permitiendo la colocación del mismo para ambos diseños con la extendedora (SLIPFORM PAVER) y con regla vibrante de postcompactación, como en los pavimentos flexibles. Para el transporte de los hormigones porosos pueden utilizarse los mismos equipos empleados que para los hormigones convencionales de hidráulicos (2, 5, 21, 28, 55, 68).

Como ejemplo se puede observar en la referencia (28) la construcción de un tramo experimental de carretera con “H.P.A.P.”, donde para su ejecución se utilizó para el diseño, dosificación y control de la calidad del hormigón, una metodología desarrollada por un Equipo de Investigación dedicado a los “ Pavimentos Rígidos” del Instituto “Eduardo Torroja” de Madrid, España. El extendido se llevó a cabo con una extendedora y no se le realizó postcompactación. El autor Rafael Talero, plantea que



las características superficiales del tramo son muy buenas, dada la terminación lograda con la extendedora. Hay que destacar que como sistema antiadherente entre la capa de base y el pavimento de “H.P.A.P.”, ejecutó sobre la superficie de la grava cemento, un sellado reforzado con dos riegos de arena/emulsión y además se colocó una geomembrana en sentido vertical resistente a los sulfatos.

Los Pavimentos de Adocretos, ahora los adoquines de concreto son fabricados en Plantas de Prefabricación o directamente en Obra con Máquinas Bloqueras – Adoquineras (14, 26, 48, 49, 53, 54). Es un pavimento de piezas de hormigón (Adocretos) que pueden tener diversas formas y dimensiones, que aunque presenta el inconveniente de poseer una gran cantidad de juntas en toda su superficie (lo cual en denominadas obras y lugares es admisibles), posee una serie de ventajas que justifican su empleo en la pavimentación (14,26,48,49,53,54), pero presenta también desventajas por la vibraciones que le transmite este tipo de pavimento al conductor del vehículo y cuando es utilizado en zonas con fuertes pendientes.

Esta tecnología difiere de las otras tecnologías de construcción de pavimentos, ya que antes de realizar la colocación de la capa de rodadura (Adocretos), se necesita realizar el confinamiento externo de la vía, con la construcción de los contenes, por tal razón se emplea más en calles urbanas, plazas, zonas de estacionamiento o parqueos, etc.

La base de estos pavimentos es de arena y sirve de filtro para el agua que pueda penetrar por las juntas y de capa de acomodo para los adocretos, disimulando las diferencias de medidas que pueda haber entre los distintos bloques. Este pavimento es un caso intermedio entre el pavimento rígido y los flexibles considerándose semirígidos, por lo que hasta el momento no existe un procedimiento de cálculo teórico que de respuesta a su real comportamiento estructural; para lo cual se utiliza un método empírico que considera una serie de factores abordados en la referencia (14, 26, 48, 49, 53, 54), que es el que se presenta en el libro.



La Tecnología SUPERPAVE (Superior Performing Asphalt Pavement): es una novedosa tecnología que entrega un nuevo concepto y formalidad para caracterizar, clasificar, evaluar, diseñar y aplicar las mezclas asfálticas (69).

El asfalto y las mezclas son evaluados a través de sus propiedades reológicas y en base a consideraciones volumétricas ampliamente aceptada en el ámbito internacional, con instrumentos y equipos de alta tecnología. SUPERPAVE caracteriza y clasifica los asfaltos de acuerdo a una serie de especificaciones técnicas basadas en el comportamiento en obra del asfalto.

Como segundo punto a tratar es lo referente a los requisitos para los áridos que son de dos tipos, de consenso y de origen. Varios requisitos del árido se especifican de formas diferentes según la profundidad de la capa en que se usará y los niveles del tránsito (69). Como último punto importante a abordar es que la tecnología SUPERPAVE realiza el diseño de mezclas asfálticas densas en caliente garantizando una alta calidad en su confección o producción.

En resumen las tecnologías de pavimentación de carreteras han evolucionado sustancialmente en las últimas décadas debido a la aparición de nuevos materiales y equipos de construcción, por tal razón los Ingenieros Civiles deben conocerlas cabalmente para lograr construir, reparar y mantener correctamente estas estructuras, contribuyendo así a la construcción más eficiente de las mismas en Cuba.

Hormigón Asfáltico con adiciones de Polímeros (en específico la adición del caucho): El objetivo de esta técnica es mejorar las mezclas asfálticas para obtener pavimentos de mayor calidad. En ocasiones, los betunes se modifican con polímeros químicos que pueden ser sustituidos, total o parcialmente, por polvo de caucho obtenido de la trituración de NFU's (neumáticos fuera de uso). También existe la posibilidad de añadir dicho polvo, junto con los áridos, a la mezcla asfáltica en la central de fabricación.

Se conocen tres procedimientos diferentes: vía húmeda, seca y mixta. El primero consiste en modificar betunes añadiendo ciertas cantidades de polvo de neumáticos, bajo unas condiciones determinadas de fabricación de temperatura, tiempo, energía de agitación, aditivos, etc, que son las que optimizan el resultado final. En función de la



formulación se consiguen o no betunes-caucho “estables” con características tales que permiten fabricar mezclas con mayores dotaciones de ligante y, en ocasiones, reducir el espesor de la capa de rodadura

El siguiente procedimiento (vía seca), emplea el polvo de neumáticos como polvo de aportación, esto es, como una fracción más de árido de la mezcla asfáltica. Normalmente se emplea entre un 1% y un 2% en masa, sobre el peso total de los áridos. Su principal ventaja radica en la mayor cantidad de neumáticos que pueden ser eliminados, si bien no se garantiza la homogeneidad de la mezcla asfáltica. No obstante, estas mezclas tienen buen comportamiento al deslizamiento y buena resistencia a deformaciones plásticas y a fatiga.

El tercer procedimiento (mixto) combina los anteriores.

En todos ellos, el resultado es un pavimento de mayor duración, resistencia y seguridad que el hecho con betunes convencionales; todo ello sin realizar grandes inversiones para el productor de betunes modificados y/o mezclas asfálticas.

Los fabricante de betunes convencionales y modificados, han apostado por la vía húmeda para el desarrollo de betunes caucho estables al almacenamiento.

Las ventajas de los tres métodos son varias. Todas ellas representan un beneficio medioambiental, en tanto que son capaces de reciclar un residuo bastante problemático hoy en día. Una cifra orientativa de consumo de este residuo es que en la construcción de un kilómetro de pavimento asfáltico podrían emplearse aproximadamente unos 2.000 neumáticos usados. Finalmente, (tras la incorporación del polvo de neumáticos por alguno de los procedimientos descritos) resulta un pavimento de mayor duración, resistencia y seguridad; todo ello sin realizar grandes inversiones en la fabricación de mezclas asfálticas. Retomando el tema referente a la vía húmeda, la sustitución de los polímeros habitualmente empleados en la modificación de los betunes asfálticos, por caucho procedente de neumáticos fuera de uso, nos proporciona betunes modificados (betún-caucho) con unas características tales (elevada viscosidad) que permiten la fabricación de mezclas con dotaciones de betún más altas y por tanto de mayor durabilidad, así como la construcción de capas de rodadura de pequeño espesor, etc.

En el procedimiento de la vía seca, la principal ventaja radica en la gran cantidad potencial de neumáticos que pueden ser eliminados, si bien no se garantiza la



homogeneidad de la mezcla asfáltica. Por otro lado, los estudios realizados determinan que las mezclas asfálticas con caucho aportan una buena adherencia a los neumáticos, esto es, tienen un mejor comportamiento al deslizamiento que las mezclas convencionales y por tanto mejoran la seguridad vial. Además, tienen una mayor resistencia a las deformaciones plásticas, fatiga y fisuración que aquellas, y absorben en mayor medida el ruido siendo más cómodas para el usuario de la carretera.

Técnica del Reciclado de Firme con Cemento.

Un primer precedente del empleo de las técnicas de reciclado se dio después de la Segunda Guerra Mundial, cuando para reparar las carreteras secundarias afectadas por la misma se puso en práctica en el Reino Unido un procedimiento llamado “Retread Process” o proceso de recauchutado. Posteriormente la técnica siguió utilizándose de forma no muy generalizada, puesto que los equipos de los que se disponía no podían garantizar una mezcla adecuada con el cemento ni tampoco una compactación eficaz en espesores superiores a 15 cm., cifra que hoy en día se considera como el límite inferior para poder obtener una capa reciclada con una correcta capacidad de soporte. No fue hasta mediados de los años 80 cuando el reciclado in situ con adición de cemento para el acondicionamiento de carreteras se desarrolló con un éxito notablemente. En la actualidad el reciclado con cemento es una técnica muy utilizada en un gran número de países repartidos por todo el mundo. Australia, Estados Unidos, Francia, Sudáfrica y España son algunos de los líderes de la misma. Sus aplicaciones no se limitan a firmes de carreteras, habiéndose ya utilizado, por ejemplo, en algunos aeropuertos. El reciclado in situ con cemento es una alternativa para el refuerzo estructural de firmes agotados cuya aceptación y popularidad es cada vez mayor en todo el mundo. Ello es debido a varios factores: los avances en las recicladoras, los distribuidores de conglomerante y los equipos de compactación; un mejor conocimiento de las propiedades de los materiales reciclados con cemento; el comportamiento de muchos firmes reciclados con esta técnica; la posibilidad de contar con empresas de gran experiencia; y la reducción de costes que es posible conseguir en comparación con otras opciones de rehabilitación. En esta comunicación se presentan de forma sucinta los diferentes aspectos de esta técnica: las propiedades de los materiales



reciclados con cemento; los conglomerantes más adecuados; los estudios previos que deben realizarse en el firme existente; la obtención de la fórmula de trabajo; el proyecto estructural de los firmes reciclados; la maquinaria moderna; las etapas del proceso constructivo y el control de calidad.

Reciclado en frío “in situ” con Emulsion Bituminosa:

Esta tecnología consiste en la reutilización de materiales procedentes de las capas de firme existente, después de su disgregación por fresado, de su mezclado y homogeneización con emulsión bituminosa, agua de envuelta y, eventualmente, árido de corrección y aditivos, y de su extendido y compactación en el propio lugar de extracción.

Hormigones asfálticos drenantes modificados con asfalto goma:

Los hormigones asfálticos modificados con asfalto goma iniciaron su uso en Francia, en 1982, después de exhaustivos estudios de laboratorio. La composición del polvo de goma, la elección del óleo más expansible, y el tipo de asfalto que eran sujetos la investigación prolongadas condujeron para el ajuste final del ligante de alto desempeño con notables propiedades de elastómeros, particularmente para bajas temperaturas. Estudios de laboratorio en Francia han indicado claramente las ventajas de asfalto goma en las mezclas porosas, siendo estas, propiedades de drenaje constante; buen comportamiento bajo tráfico de camiones pesados (fatiga y resistencia de pista de rueda); resistencia de fuerza de corte; e insensibilidad para tiempos malos. De esta investigación se lograron obtener parámetros para las granulometrias de las mezclas y determinación del desempeño de las características físicas y mecánicas en análisis; el preparo de las mezclas de hormigón asfáltico drenante con la compactación Marshall; medir el porcentaje de vacíos, vacíos comunicantes y permeabilidad de los hormigones asfálticos drenantes modificados; verificar la disgregación con el ensayo Cántabro y determinar la resistencia a la tracción por compresión diametral. Estudia también un tipo de revestimiento asfáltico con vistas a maximizar la eliminación de agua sobre el pavimento vial, para mejorar el confort y la seguridad, sin, pero, alejarse de los patrones de calidad estructural.





Capítulo II: Fundamentación de la necesidad del Tema Tecnologías Tradicionales de Pavimentación

En este tema 1 de Tecnología de Pavimentación, se comienza con las Generalidades de los Pavimentos de las Carreteras, planteando definiciones básicas sobre las distintas estructuras de los pavimentos flexibles y rígidos, de las funciones de cada una de las capas componentes de su estructura, así como las características de cada uno de ellas, las exigencias de los materiales empleados en su construcción.

En este texto se mantiene lo abordado como Estabilización de Suelo, en el cual se describen los diferentes tipos de estabilizaciones como son: La Estabilización Mecánica conocida como Suelo-Suelo, Estabilización con Cal o Suelo-Cal, la Estabilización con Cemento o Suelo-Cemento, otro tipo es la estabilización con Asfalto o Suelo-Asfalto, los distintos tipos de estabilización existentes con materiales asfálticos: Arena-Asfalto, Suelos Finos-Asfalto, Grava-Arena-Asfalto. Finalmente se aborda otros métodos de estabilización de suelo con diferentes sustancias, aunque de forma muy general, siendo los siguientes: Suelo-Estabilizantes Químicos: como son los Ácidos Fosfóricos y Fosfatos, la Estabilización con Cloruro de Sodio, con Sulfato de Calcio (yeso) y con Cloruro de Calcio, Estabilización con Hidróxido de Sodio (sosa cáustica), con sales de aluminio, resinas y con polímeros. También mantiene la explicación de la estabilización con los Estabilizantes Físicos, dentro de éstos: la Estabilización Térmica por Calentamiento y la Estabilización Térmica por Enfriamiento.

En lo que se refiere al tema de los materiales se amplió y actualizó en cuanto a los requisitos y exigencias que deben cumplir los áridos, especificando las exigencias de los áridos gruesos y finos para las capas de rodadura, intermedia y inferior, para ser empleados en la construcción de una base pétreo de granulometría continua.

En el Tema I se abarca además en las propiedades principales que deben cumplir los Asfaltos para ser empleados en los pavimentos flexibles, explicándose cada una de sus propiedades, o sea sobre consistencia, durabilidad, velocidad de curado y resistencia a la acción del agua, de los cuales se abarcaba muy poco, por lo que en esta versión se explican con más detalles cada uno de las propiedades.



En cuanto a los ensayos que se les aplica a los materiales asfálticos, en la anterior versión solo se mencionaban, y en esta no solo se mencionan sino que se explican basadas en las normas que le corresponde a cada ensayo, como son: La penetración la cual define la consistencia de un material asfáltico y se expresa como la distancia que una aguja normalizada penetra verticalmente dentro de una muestra, bajo las condiciones especificadas, tiempo temperatura. La determinación de peso específico, punto de ablandamiento, punto de inflamación, índice de penetración. Las cuales todas explican desde los instrumentos y aparatos de medición, pasando por el procedimiento hasta las observaciones.

Se habla también de las especificaciones que deben cumplir el cemento asfáltico o betún para la elaboración del H.A.C , no solo de las producciones que hacen en la actualidad en Cuba, sino de todas las posibles que se pueden hacer en el país con las tecnologías tradicionales.

Con lo relacionado a los principales ensayos que se le realizan al asfalto fluidificado o cut back, se retoma de nuevo en este libro pero con su explicación, ya que el tema no estaba abordado solo mencionado en la versión anterior, tema que esta abordado en libros clásicos sobre esta materia.

Este libro en relación al anterior explica con más cuidado lo relacionado al tema de los ensayos de los materiales pétreos empleados en los pavimentos flexibles. Dividiendo los materiales en gruesos y finos, explicando su utilización debido a sus funciones en el lugar en que ocupa la mezcla en el pavimento.

En lo relacionado con el grueso se le sometera a distintos ensayos como, el ensayo a la abrasión (la máquina de los ángeles), donde se basa en la determinación del desgaste en peso del arido grueso con una granulometría determinada al ser sometido a la máquina de Los Angeles con una carga abrasiva. Para la realización de este ensayo se utilizaran aparatos y utensilios como La Máquina de Los Angeles, se utilizara un tamiz de malla cuadrada #12. Además de las esferas de acero que constituiran las cargas para la realización del ensayo, una estufa que sea capaz de mantener una temperatura uniforme 110 – 115 C, y por supuesto una balanza de 20 kg de capacidad y de 1 g de sensibilidad para medir el peso de dicho ensayo.

Se le aplicara también el ensayo de índice de trituración, el cual se basa en la



determinación del índice de triturabilidad de la porción de árido grueso sometida a esfuerzo de compresión constante, utilizando como materiales y equipos, una prensa hidráulica con capacidad de carga de 0 a 1 000 kN (o a 100 tf), se utilizara también una balanza técnica de 0 a 20 Kg y valor de división de 0,1 Kg. Además de una estufa que mantenga la temperatura constante, los tamices deben ser de malla cuadrada (de 38,1mm, 19,1mm, 9,52mm, 4,76mm, 2,38mm y 1,1mm). Pero además este ensayo lleva una varilla de compactación que es metálica lisa y recta, con una sección circular de 16mm de diámetro y 450mm de longitud, con el extremo para compactar en forma semicircular. Así como depósitos que consistentes en dos cilindros de 150mm y 75mm de diámetro con fondos desmontables y pistones según el diámetro.

Otro ensayo al cual serán sometidos, es al análisis de las partículas planas y alargadas el cual consiste en la obtención de las partículas planas y alargadas contenidas en los áridos por medio de la separación de la muestra en fracciones, separación de las partículas planas y alargadas y determinación del por ciento que representan del peso del árido. Para esto se utilizarán una estufa capaz de mantener uniformemente una temperatura de 105 - 115 C, así como una balanza técnica con sensibilidad de 1 g, y la utilización de tamices con aberturas de malla de 76,2mm; 63,5mm; 50,8mm; 38mm; 25mm; 19,1mm; 12mm; 9,52mm; 4,76mm, este ensayo se medirá por medio de un pie de rey universal con escala hasta 200mm, y precisión de 0,1mm.

Al árido grueso se le aplica también el ensayo de peso específico y absorción de agua, que como dice el nombre del ensayo es para determinar los pesos específicos y la absorción de agua en los áridos gruesos por medio de pesadas. En este ensayo se determina el peso específico de las partículas desecadas, incluyendo en el volumen los poros accesibles al agua y los no accesibles, el peso específico de las partículas saturadas de agua y con la superficie seca y el peso específico de las partículas secadas en estufa, incluyendo en el volumen sólo los poros inaccesibles al agua, utilizando como materiales y equipos, una balanza con capacidad no menor de 5kg y una sensibilidad de 0,1g, una estufa capaz de mantener uniformemente una temperatura de 105° C – 110 ° C, además de un cesto o cubo metálico, que en el caso de utilizar uno u otro respectivamente hay que ver las especificaciones



de cada uno de ellos en el ensayo, otro equipo que hace falta para la realización del ensayo es el dispositivo para colgar el cesto o el cubo metálico en el centro del platillo de la balanza llamado recipiente, pero además para este tipo de ensayo hay que tener un local que debe estar cerrado y mantener una temperatura de 15°C - 25°C y una humedad relativa de 50- 70 %.

Otro tipo de ensayo que se aplica es el que se utiliza para saber las partículas de arcilla contenidas en los áridos por medio de una selección, determinándose el por ciento que representan del peso del árido, llamándose el ensayo por ciento de arcillas, este ensayo utiliza como materiales y equipos, una estufa que sea capaz de mantener el la temperatura constante entre 105°C y 115°C , se utilizara un recipiente que sea capaz que sus dimensiones permitan la extensión, en su fondo, de las muestras de áridos en capas delgadas, los tamices que se utilizaran serán de 38,1mm; 19,1mm; 9,52mm; 4,76mm; 2,38mm; 1,19mm y 0,84mm, y para pesar el árido una pesa el cual tendrá una capacidad deberá ser no menor de 5kg y sensibilidad de 0,1g.

A este árido grueso hay que hacerle el ensayo para determinar el material mas fino que el tamiz # 200. Este es un ensayo en donde el procedimiento se basa en separar mediante lavados y tamizados sucesivos, las partículas finas existentes en los áridos. Entendiéndose por finos las porciones que pasan a través del tamiz (No. 200). Para la realización de ensayo se utilizara una estufa para mantener la temperatura constante entre 105°C y 110°C , así como un recipiente plástico o metálico donde su capacidad deberá ser suficiente para mantener la muestra cubierta de agua, se utilizaran dos tamices de agujeros cuadrados, uno de 0,074mm (No. 200) y otro con abertura mayor de aproximadamente 1,19mm (No.16), este ensayo lleva un frasco lavador de 500ml de capacidad.

Otro de los ensayos es el de resistencia a los sulfatos de magnesios el cual consiste en determinar la resistencia a la desintegración que presentan los áridos sometidos a ciclos sucesivos de inmersión en soluciones saturadas de sulfato de sodio o de magnesio y su posterior secado, debido a la expansión ocasionada por la acumulación progresiva de cristales de dichos sulfatos en el interior de los poros de los áridos. Para la realización de este ensayo se utilizaran balanzas técnicas con LSP no menor de 500g y precisión de 0,1g y otra no menor de 5kg y precisión de 1g, igual que los anteriores ensayos en



este se dispondrá de una estufa que mantenga la temperatura constante entre 105° C y 110° C. Los recipientes se utilizarán para sumergir las muestras de áridos en la solución, tendrán perforaciones que permitan la entrada de la solución, su contacto con las muestras y el drenaje de la solución sin pérdida del árido. El volumen del recipiente estará en dependencia del volumen fijado de la solución en la que se sumergen las muestras y será no menor de 5 veces el volumen de la muestra sumergida. Se utilizarán varios tamices tanto para el árido grueso como para el fino, como también en este ensayo se tienen las posibles soluciones para la realización del mismo, o sea las saturada de sulfato de sodio el cual se puede preparar teniendo como base la sal en forma anhídrica (Na_2SO_4) o en la forma decahidratada $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ y las saturadas de sulfato de magnesio pidiéndose preparar tomando como base la sal anhidra MgSO_4 o en la forma heptahidratada $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Refiriéndose a los ensayos de áridos finos, los ensayos que se les aplican son los siguientes: Peso específico y absorción del agua en el cual se obtienen los pesos específicos y la absorción de agua por medio del pesaje de la arena en estado seco y saturado en agua. Para este tipo de ensayo se debe utilizar una balanza con capacidad de 1Kg y sensibilidad de 0.01g, así como se utilizara un frasco (matraz) graduado con 500ml de capacidad, pero además el ensayo lleva moldes metálicos en forma de cono truncado de 73mm de altura con diferentes diámetros como se muestra en este tipo de ensayo en el anexo. Al igual que para el árido grueso, este lleva una varilla metálica cilíndrica de 25mm +/- 3mm de diámetro con un peso de 340g y en los extremos serán planos par lograr el apisonado, a diferencia de los áridos gruesos, la arena lleva un secador que lleve una corriente de aire caliente con una velocidad moderada para el secado de la misma, y una estufa que mantenga la temperatura uniformemente a 105° C y 110° C, pero para este ensayo hay que tener unas condiciones ambientales del local específico o sea que este debe ser cerrado y el mismo mantener una temperatura de 20° C +/- 5 grados celsius y una humedad relativa de 60% +/- 1 %. En su procedimiento se calculara los pesos específico corriente o sea el peso específico de las partículas desecadas incluyendo en el volumen los poros accesibles al agua y los no accesibles, el peso específico saturado de las partículas saturadas de agua y con la superficie seca, incluyendo en el volumen los poros accesibles al agua y los no



accesibles y la absorción del agua que no es mas que el por ciento de agua absorbida por la arena seca.

A la arena se aplica también el ensayo de impurezas orgánicas el cual se basa en la comparación colorimétrica de la solución obtenida en el ensayo conteniendo las materias orgánicas presentes en la arena con una solución patrón. Utilizando como equipos y materiales una balanza con lsp no menor de 500g y precisión de 0.1g, una probeta graduada de 200cm, reactivos y soluciones, y soluciones de hidróxidos de sodio. Existen dos tipos de métodos par lograr realizar este ensayo, en el primero se compara el color del liquido que sobrenade por en sima de la muestra con el color de la solución patrón, se aceptara el resultado si el color de la muestra ensayada es mas débil que el color de la solución del patrón, en el segundo se compara el liquido que sobrenade con el color de las 5 soluciones preparadas según la Tabla 1(ver anexo), clasificándolo con la placa correspondiente.

El ensayo análisis granulométrico se logra por medio de un movimiento lateral y vertical del tamiz, y de una acción de sacudida para lograr que la muestra se mantenga en movimiento continuo sobre la superficie de los tamices para así determinar las fracciones granulométricas de los áridos o sea para clasificarlos en áridos gruesos y finos. Este tipo de ensayo se realiza utilizando al igual que los ensayos anteriores una estufa, una balanza así como un vibrador que someta a las partículas a movimientos de caídas, sacudidas y vueltas en la superficie de los tamices, un juego de tamices cuadrados y brochas de cerdas de nylon de 2,5cm o de 5cm.

En esta versión del libro de tecnología de pavimentación se actualizo el tema de los hormigones asfálticos, los cuales en libro anterior se clasificaban en tres tipos básicos lo cual se incremento en cinco (densa, semidensa, poco denso, abierta y permeable), además de los parámetros que la caracterizan con sus valores según la clasificación de las mezclas para el hormigón asfáltica.

Se especifica la mezcla según su utilización en el lugar del pavimento, donde en la capa interior se utiliza una mezcla gruesa y de tamaño máximo, en carpeta intermedia como casi siempre su función es de nivelación se utiliza una mezcla semi densa y en la superficial se utiliza una mezcla densa, pero para este se necesita una granulometría continua por lo que se utilizaran tres tipos de agregados pétreos (los áridos gruesos, los finos, y el polvo mineral o filler).



Se actualizaron las tablas relacionadas con el tipo de tráfico existente en el país así como también las exigencias de calidad para los áridos con los ensayos que se realizan en la actualidad, desglosados según su utilización en el lugar del pavimento. Así como se reunió en una tabla las exigencias a cumplir por las mezclas incluyendo los cinco tipos de clasificación de las hormigones.

En cuanto al tema de tecnologías de producción de hormigón asfáltico frío, para ser mas específico en la parte de materiales se actualizo y abarco más en lo relacionado a los áridos, logrando resumir en una tabla las especificaciones de los mismos dependiendo del lugar que ocupa en el pavimento. En Cuba se utiliza el método Marshall para lograr la dosificación del hormigón pero para esto se clasifican en denso, semi denso y abierto, en el cual se hizo una tabla con las especificaciones de calidad de los mismo en el hormigón.

En los tipos de tratamientos superficiales, se actualizo nada mas que el riego de adherencia el cual consiste en la aplicaron de una cantidad pequeña de ligante sobre una superficie tratada con el fin de conseguir su unión con una capa bituminosa que se creara posteriormente, el incumplimiento de las especificaciones del riego, será perjudicial para el proceso ejecutivo y posterior comportamiento de la mezcla.

En el tema de técnica de construcción o puesta en obra del hormigón asfáltico en caliente, en su secuencia constructiva se argumenta en el punto dos, el cual trata sobre la transportación de la mezcla de H.A.C, la cual al llegar al punto de entrega debe tener las mismas condiciones que tenia al salir de la planta y debe tener una temperatura tal que permita la compactación de la misma que debe estar entre 135 y 165 celcius, por lo que al transportarla se le debe cubrir con lonas o cobertores para que mantenga dicha temperatura y no varíe en difencia a la especificada que por ningún motivo debe ser inferior a los 120 ° C. Otro punto en el que se amplia es en el tendido del hormigón asfáltico caliente, las mezclas debe tenderse cuando la situación del tiempo las permita, nunca se debe hacer cuando haya agua estancada, solamente cuando la base este seca o queden algunas trazas de humedad. Se utilizara la colocación a mano cuando las pavimentadoras no puedan trabajar, por lo que su tendido se hará en pala, no deslizándola sino volteándola, previendo así un espesor no compactado ligeramente superior al que se hace con la pavimentadora, la capa



extendida de forma manual se dejará más alto que una capa adyacente tendida a maquina. Otro objeto que se utiliza para su colocación es el rastrillo caliente, que en conjunto con la pala se debe hacer un tendido muy rápidamente con el fin de poder compactar la capa antes de un enfriamiento excesivo, por lo que hace falta que el material que se va a utilizar este en proporción a la velocidad de colocación y distribución.

El extendido por pavimentadora se hará de forma continua por lo que la velocidad de la maquina será en proporción al suministro de la mezcla, teniendo en cuenta por supuesto el tipo de de hormigón asfáltico caliente frente al cual estamos presente y el espesor de la capa para así tener una velocidad que nos cumpla satisfactoriamente, para una mejor colocación continua hace falta que no haya una insuficiencia de material y de camiones abasteciendo a la pavimentadora.

En esta versión se amplio el tema de pavimento rigido en cuanto al control de calidad que hay que tomar para la construcción semimecanizada y mecanizada, en el cual en libro anterior se mencionaban pero no se explicaban, lo que si se logra en este nuevo libro. El control se le efectúa a los materiales dentro de este al cemento al cual se hace tanto a granel como en sacos, comenzando con su identificación y recepción tanto en la planta como en la obra, los productores del hormigon tienen que hacer un muestreo del material identificándola con tipo, calidad, procedencia del cemento y fecha de llegada del lote, para así si hay un problema en la obra de caída de resistencia o afectaciones en sus propiedades, se mandan las muestras a un laboratorio para la realización de los ensayos físico mecánicos, de tal forma que si los resultados obtenidos no cumplen con las especificaciones en las normas se pueda proceder a hacer reclamaciones legales al productor de cemento. El cemento se debe almacenar cumpliendo los requerimientos normativos, comprobando que su temperatura no exceda los 50 ° C.

En el caso de los áridos también comienza su control con la recepción e identificación, comprobando así que los áridos corresponden con la fracción nominal y procedencia solicitados, así como que el fabricante establezca su conformidad con los requerimientos de la norma, el recibidor de áridos en las plantas o centros preparadores de hormigón hará una inspección visual para determina si las características del árido corresponden con la fracción y



procedencia solicitados, con su visto bueno el árido puede ser descargado del transporte, sin mezclarlo aún a otros lotes previamente almacenados. A cada lote se le hace un muestreo para hacerle ensayos sistemáticos en laboratorios acreditados para hacer dichos ensayos, el productor de hormigón también tendrá una muestra paralela que no eliminara hasta próximo a los 7 días, tiempo que debe tomarse en hacer los ensayos pertinentes, si después de haber echo los ensayos no se detectan no conformidades se desechan, pero si se detectan se enviaran las muestras paralelas a un laboratorio acreditado independientemente, en el cual si se comprueban las mismas se puede entonces efectuar la reclamación oficial al productor de los áridos. Los áridos se almacenan en patios con pisos de hormigón, con pendiente suficiente para garantizar su drenaje y por fracciones y procedencias, colocando entre ellas muros que dividan los áridos con la altura suficiente para que no se mezclen entre ellas. Para e manejo de los áridos solo se pueden usar equipos sobre neumáticos.

En el control de los aditivos químicos y las adiciones minerales se debe comprobar que la marca comercial y el fabricante corresponden con lo solicitado y que la fecha de vencimiento y la garantía del aditivo no han transcurrido aún. Por lo general no se les realizan ensayos de control de calidad en el centro de producción del hormigón, salvo casos especiales de ensayos de caracterización, que se le contratan un laboratorio químico especializado. Lo que si es muy importante, es ensayar previamente como se comporta el hormigón con el empleo de aditivos. Los aditivos se guardaran bajo techo y bien tapados. Al igual que los aditivos, la recepción de las adiciones minerales se hace comprobando su procedencia, marca comercial, fabricante, etc., con lo solicitado, o con las especificaciones normativas si las hubiera, además de realizarles ensayos salvo casos especiales de ensayos de caracterización en laboratorios químicos especializados, también es indispensable que los hormigones con adiciones minerales se hayan ensayado previamente para comprobar que se pueden alcanzar con ellas los desempeños deseados en el hormigón, aportándole el correspondiente valor agregado. Las adiciones minerales se almacenan en sacos en almacenes cerrados o a granel en silos herméticos con filtros o sistemas anti-polvo.



En el caso del agua se le hará el control cuando no está certificada como agua potable, o existen dudas sobre su procedencia o posible contaminación. El almacenaje del agua de amasado del hormigón tiene que evitar su contaminación con cualquier tipo de sustancia orgánica e inorgánica.

En cuanto a dosificación, pero dentro de este tomando en cuenta el diseño del hormigón, el cual se verifica a escala de laboratorio a través de las mezclas de pruebas, cuyos resultados y ajustes quedaran documentados, los resultados de esta mezcla de prueba a escala de laboratorio serán las tablas de dosificaciones preliminales, que se someterán a las pruebas industriales en planta que permitan obtener las medias muestrales para la obtención posterior de las resistencias características. Estas pruebas industriales estarán bajo la supervisión del técnico de laboratorio, el cual se hará cargo de los ajustes finales y de ahí saldrán las tablas finales, estas tablas tienen que tener varios requerimientos los cuales se muestran en el anexo capítulo 1. Los ajustes sistemáticos que se hacen a los diseños de mezclas deben ser revisados anualmente, quedando registrados y aprobados oficialmente por el jefe de laboratorio. Además indispensable que exista una adecuada correspondencia entre el diseño de la mezcla y el método que después se empleará para el ajuste de las dosificaciones por la humedad de los áridos en el proceso productivo. Como también las mezclas deben cumplir las exigencias que según sus condiciones de servicio, o sea por resistencias mecánicas y por durabilidad, para las cuales deben cumplir con lo normativo en las normas cubanas.

Se habla también del ensayo del cono de Abrams en el cual se empieza diciendo en que consiste dicho ensayo, así como las características que debe cumplir, mostrando además una muestra en foto del molde que se utiliza para el ensayo de Abrams.

Cuando se analiza el transporte de la mezcla de hormigón se puede decir que el mismo debe tener un control en cuanto al acceso a la planta de estos equipos, así como en el transporte a distancia en el cual puede variar las propiedades de la mezcla y muy especialmente el control de las variaciones de su consistencia, Es por eso que el responsable del transporte a distancia de la mezcla responderá por el control de dicha mezcla. Quedando terminantemente prohibidas las adiciones de agua o de aditivos químicos no controladas para retornar el valor del asentamiento de la mezcla a su valor inicial.



En cuanto a la Resistencia a la flexotracción se controlara siguiendo los los requisitos que plantea el Reglamento Técnico de la Construcción No. 1, en el punto 9.

En resumen, en este Tema I del texto se tratan las Tecnologías Tradicionales de Pavimentación, se busca que las mismas superen, en perfeccionen y actualizacion en la bibliografía vigente y disponible en los centros de Educación Superior, logrando asi que a la hora de utilizarlo como material de estudio se logre elevar el nivel de los estudiantes y profesionales relacionados con la rama,.

Al realizar una comparación entre los dos textos, el vigente y el que se propone, se puede afirmar que el libro de Tecnologías de Pavimentación actual esta mejor desarrollado y actualizado en la materia que la version anterior de Tecnologia de Pavimentacion, ya que se abarco en todos los temas en que habia tenido problemas el anterior, problemas que fueron detectados por un especialista de la ENIA, el cual dio su opinion y cuales eran las posibles soluciones.



Capítulo 3: Tecnologías Modernas de Pavimentación.

En este capítulo se fundamenta sobre las Tecnologías Modernas de Pavimentación que se encuentran en el Capítulo 2 del Anexo, en el que se explican las distintas tecnologías aplicadas hoy en día en países desarrollados: EE.UU., Canadá, y Europa

Las tecnologías clasificadas como modernas son las siguientes:

1. White Topping (losa de hormigón hidráulico sobre la capa de rodadura de los pavimentos flexibles) y Ultra Thin White Topping (losa de hormigón hidráulico reforzado de espesor mínimo sobre dichos pavimentos).
2. Fast Track (pavimento de hormigón hidráulico hechos con alto grado de mecanización y materiales especiales de rápida apertura al tráfico).
3. Hormigón Compactado con Rodillos (Roller Compacted Concrete o RCC).
4. Hormigón Poroso de Altas Prestaciones (HPAP).
5. Hormigón Asfáltico Poroso(Horporos)
6. Hormigón Asfáltico con adiciones de Polímeros.
7. Hormigón Asfáltico con adiciones de Polímeros(en específico la adición del caucho)
8. SUPERPAVE (tecnología que abarca el diseño de mezclas asfálticas y su colocación en los pavimentos flexibles).
9. Pavimentos de Adocreto (Adoquines de Concreto).
10. Técnica del Reciclado de Firme con Cemento.
11. Reciclado en Frío con Emulsiones Bituminosas.
12. Hormigón Asfáltico Drenante Modificado por Adición de Asfalto Goma

En el capítulo 2 del libro Tecnologías Modernas de Pavimentación se mantiene todas las especificidades, conceptos, definiciones, así como las técnicas contractivas y explicaciones necesarias para la comprensión de las siguientes tecnologías:

White Topping, Ultra Thin White Topping, Fast Track, Hormigón Compactado con Rodillos, Hormigón Poroso de Altas Prestaciones, Hormigón Asfáltico



Poroso, Hormigón Asfáltico con adiciones de Polímeros, SUPERPAVE, Pavimentos de Adocreto.

Sin embargo, como en el mundo existe un aumento en el desarrollo tecnológico en cuanto a la producción de nuevos tipos de materiales y tecnologías para la construcción de pavimentos, es necesario para obtener mejores resultados un estudio más amplio del tema.

Para apoyar este planteamiento se hizo una investigación, logrando incluir varias tecnologías como:

- 1- Hormigón Asfáltico con adiciones de Polímeros (en específico la adición del caucho).
- 2- Técnica del Reciclado de Firme con Cemento.
- 3- Reciclado en Frío con Emulsiones Bituminosas.
- 4- Hormigón Asfáltico Drenante Modificado por Adición de Asfalto Goma

En cuanto al hormigón asfáltico con adición de polímeros (en específico la adición del caucho), podemos decir que la adición de goma proveniente de neumáticos usados al cemento asfáltico es una forma de reciclar tales desechos y mejorar las propiedades de mezclas asfálticas. Esta adición de goma triturada de neumáticos a mezclas asfálticas puede ser efectuada a través de 3 métodos. Las partículas de goma pueden sustituir parte del agregado pétreo (proceso seco) o pueden ser adicionadas al asfalto previo a la adición de agregados (proceso húmedo), y la tercera es la mixta, que es la combinación de los 2 anteriores. Las mezclas resultantes presentan mayor flexibilidad y vida de fatiga, menor ruido y mejor control a la reflexión de fisuras. Al estudiar el proceso húmedo se obtuvo que el performance de esta mezcla fue evaluada a través de ensayos convencionales y ensayos Superpave. El análisis convencional evaluó la resistencia de las mezclas al agrietamiento térmico y deformación permanente. Se realizaron ensayos de penetración el cual permite medir indirectamente la performance de cementos asfálticos en bajas temperaturas, punto de ablandamiento que determina la temperatura a la cual el cemento asfáltico pasa del estado plástico al estado líquido y el punto de inflamación que consiste de la temperatura en la cual el cemento asfáltico desprende una cantidad suficiente de gases capaz de provocar combustión en presencia de una chispa. Los ensayos Superpave que tienen por objetivo simular periodos críticos para el cemento



asfáltico cuando están sometido a temperaturas semejantes a aquellas que él enfrentará durante su vida en servicio, evaluando así las propiedades fundamentales de los materiales cuando se consideran la temperatura, tasa de cargamento y efecto del cargamento. Para altas temperaturas, empleándose el Reómetro de Corte Dinámico (DSR), se evaluaron el Módulo de Corte Complejo (G^*) es la medida de la resistencia total del material a la deformación cuando son expuestos a pulsos repetidos de tensiones de cizallamiento, y consiste de un componente elástico (recuperable) y otro viscoso (no recuperable), el ángulo de fase es un indicador de la cantidad relativa de deformación recuperable y no recuperable, y el cociente G^*/\sin . La rigidez a la fluencia en bajas temperaturas determinada en este ensayo describe la respuesta tensión-deformación a lo largo del tiempo dentro del espectro de respuesta visco elástico lineal. El Reómetro de Flexión de Vigas (BBR) que se utiliza en dicho ensayo mide la deflexión en el punto medio de una viga prismática simplemente apoyada, sometida a un cargamento constante aplicado en dicho punto. Por otra parte, el módulo de relajación debe ser igual o mayor que 0.3 a los 60 segundos. De esta manera, se asegura que el cemento asfáltico puede deformarse de forma suficientemente rápida con el objeto de evitar la fisuración. Además, se realizaron ensayos de viscosidad Brookfield, este ensayo de viscosidad tiene por objetivo verificar si el cemento asfáltico puede ser bombeado y mezclado al agregado pétreo. La viscosidad de los cementos asfálticos puede ser medida por viscosímetros rotacionales, usualmente conocidos como Viscosímetros Brookfield. La viscosidad es determinada a través del torque necesario para rotar un eje sumergido en el cemento asfáltico a velocidad constante. La temperatura en la cual se realice el ensayo puede ser ajustada segundo el tipo de fluido utilizado. En el caso de mezclas cemento asfáltico-goma la viscosidad Brookfield se aconseja determinarla a 175°C .

El reciclado in situ con cemento es una alternativa para el refuerzo estructural de firmes agotados cuya aceptación y popularidad es cada vez mayor en todo el mundo. Ello es debido a varios factores: los avances en las recicladoras, los distribuidores de conglomerante y los equipos de compactación; un mejor conocimiento de las propiedades de los materiales reciclados con cemento; el comportamiento de muchos firmes reciclados con esta técnica; la posibilidad de contar con empresas en el mundo de gran experiencia. En el capítulo 2 del



anexo se presentan de forma sucinta los diferentes aspectos de esta técnica: las propiedades de los materiales reciclados con cemento en específico las características mecánicas y el reciclado mixto cemento-emulsiones o cemento-betún espumado ; los conglomerantes más adecuados; los estudios previos que deben realizarse en el firme existente como son los reconocimientos de la carretera (dentro del cual están incluidos el reconocimiento del firme el cual permite clasificar el estado del firme, así como la naturaleza y los espesores de capa que lo constituyen, la verificación del drenaje para solucionar los problemas que existan en la plataforma de la carretera, el tráfico de proyecto que permite un mejor dimensionamiento del firme conociendo el volumen diario por sentido de circulación de los vehículos pesados, y por último la realización de ensanches y arcenes que se realiza para verificar si hace falta ensanchar la calzada y disponer de unos arcenes con capacidad de soporte), otro estudio que se debe tener en cuenta es la toma de muestra en el que se realiza el muestreo de los materiales en lugares precisos determinados en la 1ra etapa y el último ensayo aplicado es la caracterización de los materiales del firme, en el cual se analizan a nivel de laboratorio la naturaleza y humedad (de las explanadas y de las distintas capas del firme) así como se buscan la presencia de elementos que no impidan el fraguado de la mezcla. La obtención de la fórmula de trabajo que es para determinar la cantidad de cemento que se debe añadir al material (existente in situ, o modificado mediante la incorporación de un corrector granulométrico) con el fin que el material alcance las características mecánicas requerida para un buen dimensionamiento; el proyecto estructural de los firmes reciclados; la maquinaria moderna en el que esta técnica permite utilizar una gran variedad de equipos; las etapas del proceso constructivo en el cual es muy importante efectuar una adecuada planificación de los trabajos de reciclado; el control de calidad es imprescindible para garantizar la obtención de un resultado satisfactorio. En el cual el control se desarrolla en dos etapas: una para controlar la ejecución de las obras mientras éstas se llevan a cabo, y otra para comprobar que el resultado final cumple con todas las exigencias, pero si es una obra muy importante es necesario realizar previamente un tramo de prueba a fin de ajustar los parámetros de funcionamiento de los equipos de reciclado (sobre todo la velocidad de avance) y las condiciones de compactación (características de los compactadores y número de pasadas).



Con relación a la técnica de Reciclado en Frío con Emulsiones Bituminosas, comienza hablando brevemente sobre en que consiste este tipo de reciclado así como las operaciones que hay que hacer para la ejecución de las mismas. Se hace habla también sobre el estudio a los materiales que se debe realizar comenzando por el firme, al cual al mismo se le debe realizar un reconocimiento previo que comprenderá (una inspección visual, extracción de probetas de testigos, material fresado para obtener las características y dosificación del material fresado y las catas de reconocimientos para lograr una mejor identificación del material que ya existe), otro material que se estudia es el agua el cual debe cumplir las especificaciones recomendada por las normas establecidas, seguidas por las emulsiones al cual se les realizaran los siguientes ensayos carga de las partículas, contenido de agua, residuo y fluidificante por destilación, penetración del residuo, viscosidad Saybolt Furol, tamizado, estabilidad de las emulsiones aniónicas con cemento. Se analizan también los materiales correctores de aportación, en el cual incluyen a los áridos en el que se especifica valores para algunos ensayos que deben cumplir los áridos, así como los aditivos donde se especifican las distintas utilidades en donde interviene. Se especifica en el anexo, la formula de trabajo que debe cumplir para este tipo de trabajo, el cual es elaborada por un laboratorio acreditado, pero la misma después de entregada al contratista, el cual deberá sacar muestras para el laboratorio de control de calidad, deberá presentarla al director de la obra junto con el informe de laboratorio de calidad, para proceder a la aceptación de la ejecución de los tramos de pruebas. Para los tramos de pruebas, los mismos se harán con los equipos que ejecutaran las obra, el contratistas es la persona indicada para especificar por escrito la composición, características y velocidades o pasadas de cada componente del equipo y en el caso de que éste cambie durante las mismas, deberá volver a realizarse el estudio sobre un nuevo tramo de prueba. Tras cada tramo de prueba se aprobará la fórmula de trabajo definitiva y se darán por válidas las operaciones necesarias para este tipo de obras, es por lo que durante su ejecución se analizarán (equipos necesarios, fresado del material a tratar, mezclado, compactación y la humedad). Para la ejecución de esta técnica hay que tener en cuenta el fresado en frío del material a tratar, en donde se analiza la velocidad del equipo fresador así como las picas, etc., si como el espesor al



cual se debe fresar las capas. Otro elemento que se tiene en cuenta es la aportación de aditivos, emulsión y agua, en donde la aportación del árido se realiza mediante la extensión previa de pavimento a fresar, y los aditivos así como el agua y la emulsión se agregarán preferentemente por vía líquida mediante dosificación directa en la mezcla por contadores volumétricos e inyección en la cámara de fresado. En el extendido, en los reciclados tipos 1, la mezcla debe nivelarse con un equipo con precompactador y contención lateral, sin embargo en los tipos 2 se podrá utilizar otros métodos de extendido siempre y cuando se compruebe su adecuado funcionamiento. Otros temas dentro de la ejecución es el acabado de superficie y la compactación el cual seguirá las especificaciones recomendadas en las normas establecidas así como los criterios recomendados en los tramos de pruebas respectivamente, sin dejar afuera el análisis de las juntas el cual deberán tener una planificación cuidadosa para evitar las paradas de los equipos, se harán trabajos manuales en donde estemos en presencias de ellas para evitar el derrame del producto fuera de la caja fresada durante el proceso de compactación y al analizar las juntas transversales es recomendable el proceso de reciclado sobre el material ya tratado anteriormente pero sin añadir ni agua, emulsiones ni aditivos, todos estos trabajos llevan tiempo de curados el cual será el suficiente para que el contenido de humedad en el material reciclado sea inferior al 1,0 %, y para la protección del trabajo se harán los riegos de emulsión (poco denso) de protección para cuando se prevén lluvias o hubiera que dar paso al tráfico. Además se explican las especificaciones (para la densidad, las tolerancias geométricas), así como se explican las limitaciones de ejecución, y se analiza el control de calidad de ejecución en cuanto a la identificación de los materiales (los materiales a reciclar fresado, las emulsiones), el control de la mezcla a la salida de la entendedora (e material reciclado), y se controlan también la compactación, la extracción de probetas de testigo y las características geométricas.

En la investigación sobre los hormigones asfálticos drenantes modificados con asfalto goma expuestos en el anexo en el capítulo 2, en el cual se habla sobre los parámetros para las granulometrias de las mezclas con el objetivo de buscar un gran roce interno para maximizar su resistencia a la deformación y la ruptura por cisalhamento, otro tema son los efectos provocados por la



modificación de la adición de goma, el cual sus propiedades adhesivas del ligante hacen posible construir superficie de asfalto poroso con ventajas como el drenaje de agua de la superficie, la resistencia al resbalón, flexibilidad a las bajas temperaturas, y niveles de ruidos reducidos. Se realizaron para el control de calidad y para la caracterización de los materiales los ensayos de porcentaje de vacíos el cual se calcula con la obtención de la densidad aparente y la densidad teórica del material, los vacíos comunicantes se calcula mediante una expresión y se trata en medir la cantidad de agua que le entra a una probeta por la parte superior mientras todas sus otras partes están selladas o mejor dicho son impermeabilizadas, permeabilidad de los hormigones asfálticos drenantes modificados este ensayo se basa en medir el tiempo que se toma cierta cantidad de agua para pasar por una probeta, se verificó la disgregación con el ensayo Cántabro, además de la carga máxima soportada es la estabilidad y la deformación sufrida por el cuerpo es la fluencia mediante el ensayo Marshall y se logró determinar la resistencia a la tracción por compresión diametral. Por último se hizo las conclusiones sobre todos estos ensayos realizados que son mencionados anteriormente.

En conclusión, la integración de los NFU's en las mezclas asfálticas se revela como una opción interesante que aporta sinergias técnico-económicas y contribuye a solucionar un problema medioambiental importante, si bien deben considerarse ciertas precauciones en su empleo. Además es posible formular con nuestros betunes asfálticos betunes caucho estables al almacenamiento que cumplan con las especificaciones exigidas a un betún modificado. La adición del polvo de caucho al betún como ya se ha explicado incrementa considerablemente su viscosidad y este fenómeno afecta a las temperaturas de trabajo, tanto a la de bombeo del producto, como a la de mezcla y compactación de la mezcla asfáltica. Así pues, la mejora en propiedades conseguida con la modificación supondrá pequeños cambios en el proceso de fabricación, que hay que cuantificar y valorar económicamente (mayores consumos de combustible). No obstante, todos los betunes caucho cuyas características cumplirían en el estudio realizado con el criterio SHRP de presentar una viscosidad inferior a 3000 mPa.s a 135°C, que indica que es viable manipular estos betunes. Además, estos betunes con polvo de NFU's



ponen de manifiesto una menor susceptibilidad térmica que los correspondientes BMP, en base a la menor pendiente obtenida en todos los casos.

El reciclado in situ de firmes empleando cemento como agente estabilizador ha ganado una rápida aceptación a partir de los años 90 en muchos países repartidos por todo el mundo. Varias razones de tipo técnico, económico y ecológico justifican este desarrollo. Probablemente una de las más importantes haya sido los avances experimentados por las recicladoras, junto con los equipos de distribución del conglomerante y los compactadores. Ello permite tratar con garantías espesores de firme de hasta 35cm, superando así una de los principales inconvenientes con los que se tropezó esta técnica en sus inicios: la falta de maquinaria para reciclar y compactar satisfactoriamente más de 15cm del firme existente. Paralelamente se ha ido profundizando en el conocimiento de los materiales reciclados, en los estudios para la determinación de su fórmula de trabajo, en los métodos de proyecto y en sus prescripciones técnicas.

En el reciclado en frío "in situ" de firmes y pavimentos de carreteras se observaron las características que deben cumplir los materiales de procedencia de las capas de firme después de haberles realizado un estudio minucioso, así como las emulsiones utilizadas, las cuales en ningún caso contendrán fluidificantes, además de los ensayos que se le deben realizar. Para proceder a la parte ejecutiva antes se debe pasar por la fórmula de trabajo los que me mostraran la granulometría indicada para lograr la velocidad de avance del equipo fresador, el cambio de picas, etc., que serán fijados por el tramo de pruebas, para pasar posteriormente al extendido y acabado de la mezcla respectivamente, sin quedar atrás la compactación y a la planificación Cuidadosa de los equipos para lograr un mínimo de juntas, dándole lugar al tiempo de curado de la emulsión, el cual para la extensión de una capa superior, será el suficiente para que el contenido de humedad en el material reciclado sea inferior al 1,0 %, y al riego de protección con el cual se prevén lluvias o el daño al pavimento si hubiera que dar paso al tráfico.

En el Hormigón Asfáltico Drenante Modificado por Adición de Asfalto Goma, el análisis de los resultados indica que la modificación con asfalto goma produce reducción del porcentaje de vacíos comunicantes, de la permeabilidad



y de las pérdidas Cántabro, aumenta la estabilidad Marshall y la reducción de la resistencia a la tracción indirecta, en relación a las mezclas sin modificación. De estas observaciones, se puede destacar el efecto negativo que se obtiene con la utilización del asfalto goma sobre la permeabilidad del material, pues esta es una característica esencial de este tipo de pavimento, para esos ensayos analizados.



- Se pudo constatar que Cuba no existe una bibliografía nacional que resuma de forma actualizada todo lo relacionado a las tecnología que existen para la pavimentación de carretera, que se utilizara posteriormente para la enseñanza de la asignatura de Tecnología de Pavimentación en la carrera de ingeniería civil.
- Se realizo el libro sobre las dificultades detectadas, lo que permitió ampliar en varios temas la versión anterior, en cuanto a los materiales, equipos y las técnicas pavimentación, etc., empleados tanto en Cuba como en el Mundo.
- Al ampliar la información que se disponía de la anterior versión, se le añadieron tablas, esquemas, figuras, fotos, ejemplos, problemas propuestos, además de las explicaciones de los ensayos a realizar tanto a los diferentes tipos de materiales como a las diferentes tecnologías, etc. lo que facilitará la motivación y su estudio por parte de los estudiantes.
- Se considera que esta última versión es superior a las anteriores tanto en forma como en los contenidos abordados, quedando lista para su empleo como texto básico de las asignaturas “Tecnología de Pavimentación” que se impartirá en el nuevo Plan de estudio D, al ajustarse a los programas de dichas asignaturas.



- Publicar la versión elaborada del libro, para que pueda ser utilizado por los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil, así como por los profesionales que trabajan en esta rama de la construcción.
- Emplear el libro como texto básico de los temas de Tecnologías de Pavimentación en la asignatura de Pavimentación para el plan C en la carrera de Ingeniería Civil
- Lograr la utilización del mismo para los cursos de post grado, que se dan para los profesionales sobre este tema.
- .Incorporar a la Intranet de la Facultad el libro electrónico, para que pueda ser empleado por los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil.



1. Aguado A. Josa A., Pindado M.A. Caracterización experimental y numérica de hormigones porosos modificados con polímeros. A. Aguado, A. Josa, M.A. Pindado. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería. E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UPC., Cataluña, España, 1998.
2. Aguado A, Aplicación de Hormigones Porosos para Pavimentos Urbanos. A. Aguado, Rosell Josa. Cemento- Hormigón Núm. 694, Junio, España, 1991.
3. American. Concrete Pavement Association “Repair of Ultra Thin White Topping (U.T.W.) Pavements”: Pág.41, Febrero 2004. (EE.UU.) <http://www.paviments.com>.
4. ANMOPYC. Maquinarias para la Construcción. – España: Editorial Obras Públicas y Minería; 2004. – 255 p.
5. Bollati B. et al Hormigón Poroso de Altas Prestaciones (HPAP) como capa de rodadura para tráfico pesado. B. Bollati, Talero, Rodríguez, Solís, Hernández. Ponencia de la sesión núm.9 del XIII Congreso Mundial de Carretera de IRF. Toronto, Canadá, 1997.
6. BOMAG. Catálogo del fabricante. Máquinas pesadas. – EEUU. – 6 p.
7. Brian O’Sullivan. Camiones Hormigoneras. International Construction (USA) Vol.: 41 Nro7. Pág. 4 - 6; Febrero 2002.
8. Brian O’Sullivan. Concrete Batching Plant. Wirstgen. International Construction (USA) Vol.: 40 N^o6. Pág. 23; Agosto, 2001



9. Brian O'Sullivan. Continuous production of concrete slabs and profiles using Slip Form Pavers from Wirstgen. *Internacional Construcción (USA)* Vol.: 40 N^o6. Pág. 23; Agosto, 2001.
10. Brian O'Sullivan. Extendedora de áridos. *Internacional Construcción (USA)* Vol.: 41 Nro1. Pág. 8; Febrero, 2002.
11. Brian O'Sullivan. Pavers. *Internacional Construcción (USA)* Vol.: 41 Nro2. Pág.45; Marzo, 2002.
12. Castillo García, Lester. Tecnologías de construcción de pavimentos mediante White Topping y Fast Track / Lester Castillo García; Pedro A. Orta, tutor. – TD; UCLV (Construcciones); 2000. – 70 p.
13. Cole Larry. Designing White topped Parking Lost to Last. *Concrete Construcción (EUA.)*. N^o. 39 Pág. 343-345; Abril, 1994.
14. Colombo, R.A. Pavimentos de Bloques (Adoquines) de Hormigón: Su aplicación a diferentes obras de tipo vial/R.A. Colombo. – Argentina: Editorial Cemento Pórtland Argentino. – 87p.
15. Concrete Construction. Vol. 42 N^o 2. Febrero 1997.Ultra Thing White Topping. What is it? How is it done? / M. K. Hurd. Pág.184-191. E. U. A., 1997
16. Concrete Construction. Vol.42. N^o2. Pág. 160 - 164; 1996.Tips for Constructing Concrete Intersections. / Bob. Risser and Mark Jhonsto. EE.UU., 1996
17. Construcción de Pavimentos Rígidos y Flexibles / Wigberto Sánchez González, Juan Antonio Torres Vila. La Habana / s.n. /, 1989.-269 p
18. Crespo, Villalaz, Carlos. Vías de Comunicación / C. Crespo Villalaz. – Editorial Limusa, México, 2000, 282 p.



- 19- C. Jofré. 1er Simposio Internacional sobre Estabilidad de Explanadas y Reciclados in situ de firmes con cementosa salamanca (España). Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Director Técnico. Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones José Abascal, 5328003 - Madrid (España). 1 AL 4 DE OCTUBRE DE 2001
- 20- Radelat Egues, Guido. Principios de la Ingeniería de Tránsito / Guido Radelat Egues – Editorial del Instituto de Ingenieros del Transporte (I.T.E.), EE.UU., 2003, _ 300 p.
- 21 Estudio del Hormigón Poroso con Áridos del País Vasco, para su utilización en Carreteras. Gobierno Vasco, Proyecto Universidad Empresa UE_1998 No. 46, España, 1998.
- 22-Fiat-Hitachi, Compact Line. Minicargadoras. – Italy: Publisher by Fiat-Hitachi Excavators spa. ; Italy, 2000. – 6 p.
- .23-G. F., Giordino F. Costruzioni Meccaniche. Italia. – 4 p.
- 24-Hormigón Compactado con Rodillo (Roller Compacted Concrete) / Informe del Comité 207 del American Concrete Institute (ACI), EE.UU. 1991. – 42 p.
- 25-IV Jornada sobre Pavimentos de Hormigón 2^{da} Sección: Conservación, refuerzo y rehabilitación. La práctica americana. Ponencia: Refuerzo de hormigón y construcción de apertura rápida al tráfico (Fast Track) en los E. U. A./ M. J. Knutson.; EE.UU., 1996
- 26-Joaquín Caraballo. “Evaluación Económica de Programas de Adoquinado Vial” Caraballo, J. Anquiozola. – Nicaragua: LA VIAL S.A., 2000. – 12 p.



- 27-Jofré. C., "Gravacemento y Hormigón Compactado con Rodillo". Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA), España.- Universidad Politécnica de Madrid: Editorial del Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones; Agosto 2003.
28. Josa, Alejandro et al. Estudio experimental y análisis estructural de hormigones porosos para capas de rodadura de pavimentos de hormigón. Alejandro Josa, Carlos Jofré, Antonio Aguado, Eberhard Eickschen, Erik Onstentk. Revista Carreteras No. 77 Mayo- Junio, 1995.
29. Lebrero. Bituminadoras y Cisternas Elípticas. – España: Editorial Comoplesa – 6 p.
- 30- Leto Momm, Marilan Pedro Dumke. Estudio del desempeño de hormigón asfáltico drenante modificado con asfalto.
- 31-La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas / Alfonso Rico Rodríguez, Hermilio del Castillo Mejía. México / edit. Limusa / 2003.-637p / Vol. II.
- 32-Maquinas Estabilizadoras de Suelo - Cal. Caterpillar Magazine. Francia. N^o3. Pág.12; 2002. M^a Del Mar Colás Victoria, Francisco De Urquía Comas. Jornada sobre utilización de neumáticos fuera de uso en carreteras. CEDEX y de Medio Ambiente. Madrid, 2004.
- 33-Marcelo Dolimier. Avances en la Medida de la Rugosidad (IRI) de Pavimentos de Hormigón Construidos con Pavimentadora de Moldes Deslizantes / Marcelo Dolimier, R. Torrent. — Argentina: Editorial Instituto del Cemento Pórtland de Argentina, 2000. - 14 p.
- 34-Manuel Atienza Díaz, Marta Beatriz Zarzo Varela, Manuel Sala Casanova. Comunicación sobre pliego para reciclado de B.C en frío in situ con emulsiones bituminosas.



- 35- Manuel F. Quintero Quintero. Reciclado de firme in situ con emulsiones. II Congreso Andaluz de Carreteras, Cádiz.
- 36- Morgan Mercado, Bosco Javier. Tecnologías Tradicionales y Modernas de Pavimentación de Carreteras y Aeropistas. / Bosco Javier Morgan Mercado, Pedro A. Orta, Tutor. –TD, UCLV (Construcciones), 2003-2004.
- 37- NC. 052-13-78. Hormigón Hidráulico. Losas de Pavimento. Sellado de grietas. – Vigas desde 1978.
- 38- NC: 250 Carreteras—Pavimentos de hormigón Hidráulico-Losas-Código de buenas Prácticas
- 39- NC 54-79:1986 Materiales y productos de la construcción. Asfalto. Determinación del peso específico.
- 40- NC 54-85:1978 Materiales asfálticos. Determinación de la solubilidad en tricloruro de carbono, bisulfuro de carbono y nafta. Método de ensayo.
- 41- NC 54-118:1978 Materiales asfálticos. Determinación de la pérdida de peso por calentamiento. Método de ensayo.
- 42- NC 54-194:1985 Materiales y productos de la construcción. Hormigón Asfáltico Caliente. Toma de muestra.
- 43- NC 054-195:78. Especificaciones sobre el Método Marshall. Vigente desde el 1985.
- 44- NC 054-233:85. Exigencias a cumplir por el Asfalto y los Áridos para la Mezcla Asfáltica. -- Vigente desde 1985.
- 45- NC 120: 2004 Hormigón hidráulico Especificaciones.



-
- 46-. NC 159:2000. Carreteras. Obras de Conservación Vial. Reparación corriente a las vías pavimentadas.
- 47-NC 160:2002 Carreteras. Hormigón Asfáltico Caliente. Colocación en obra.
- .48-NC 161:2002 Carreteras. Bases y subbases de caliza blanda.
- 49-NC 174:2002 Hormigón fresco. Medición del asentamiento por el cono.
- .50-NC 178:2002 Áridos. Análisis granulométrico
- .51-NC 179:2002 Áridos. Determinación del contenido de partículas de arcilla. Método de ensayo.
- 52-NC 181:2002 Áridos. Determinación del peso volumétrico. Método de ensayo.
- 53-NC 182:2002 Áridos. Determinación del material más fino que el tamiz # 200. Método de ensayo.
- 54-NC 183:2002 Áridos. Estabilidad a la acción del sulfato de sodio o del sulfato de magnesio. Método de ensayos.
- 55-NC 185:2002 Arena. Determinación de impurezas orgánicas. Método de ensayos.
- 56-NC 186:2002 Arena. Peso específico y absorción de agua. Método de ensayos
- NC 187:2002 Árido grueso. Peso específico y absorción de agua. Método de ensayo.
- 57-NC 188:2002 Áridos gruesos. Abrasión. Método de ensayo.
- 58- NC 189:2002 Áridos gruesos. Determinación de partículas planas y alargadas.



Método de ensayo.

59-NC-190:2002 Áridos gruesos. Determinación del índice de trituración.

60-NC-251 Árido para hormigón. Especificación.

61-NC-253:05 Carreteras. Materiales bituminosos. Hormigón Asfáltico Caliente. Especificaciones.

62-NC-254:05 Carreteras. Emulsión asfáltica aniónica. Requisitos.

63-NC-255:05 carreteras. Colocación de Macadán por penetración. Código de buenas prácticas.

64-NC-256:05 Carreteras. Reparación del área de trabajo. Código de buenas prácticas.

65-NC-52-46-:78 Viales. Riego Asfáltico por penetración invertida. Especificaciones constructivas.

66-NC-Carreteras. Mezclas Asfálticas. Contenido de asfalto por extracción.

67- NC XX-2008: Áridos para Mezclas Asfálticas. Especificaciones.

67-Nieto, M. R. Maquinarias de Señalización Horizontal. Revista Rutas (España). N^o 45. Pág. 29; Diciembre 1994.

.68-Norma Peruana. El adoquín de concreto en los pavimentos urbanos. – 6 p.

69-Orta Amaro, Pedro Andrés. Pavimentos de Piezas de Hormigón (Adocreto) una técnica Alternativa de Pavimentación en Cuba Artículo aprobado a publicar en la



revista Ingeniería Civil / P.A., Orta Amaro, R.G. López. – Facultad de Construcciones U.C.L.V., 2007. – 6 P.

.70-Orta Amaro, P.A. Notas de Clases de la Asignatura “Diseño y Construcción de Pavimentos” del Plan de Estudios C Perfeccionado/ P.A, Orta Amaro. – Facultad de Construcciones, Departamento de Ingeniería Civil, U.C.L.V. Santa Clara, 2004.

.71-Orta Amaro, Pedro Andrés. Libro tecnología de pavimentación del Plan de Estudios C Perfeccionado/ P.A, Orta Amaro. – Facultad de Construcciones, Departamento de Ingeniería Civil, U.C.L.V. Santa Clara, 2007.

72-Owen. Trabajo de Diploma Tecnología de Pavimentación, tutor Pedro Orta, 2006-2007

73-Pérez González, Yamilsis. Tecnologías Tradicionales y Modernas de Pavimentación de Carreteras y Aeropistas. / Yamilsis Pérez González, Pedro A. Orta, tutor. –TD, UCLV (Construcciones), Curso 2004-2005.

.74-Pérez Sánchez, Maret O. Tecnologías de construcción de pavimentos mediante White Topping y Fast Track. / Maret O. Pérez Sánchez; Pedro A. Orta, tutor. – TD; UCLV (Construcciones); 1999. – 70 p.

75-Primer Seminario Provia Urbano. Construcción de Pavimentos de Adoquines de Concreto. / Luís Fernando Luvini, Alfredo Emilio Llopis. Pág. 1-14; abril 1998.

76-PROYECOL. Bloquera Adoquinera. – Colombia.

77- Reglamento Técnico de la Construcción. No. 1: 2003. Control de Calidad del Hormigón.



- 78-RC-3023. Tratamientos superficiales. Especificaciones constructivas.-Vig. Desde; abril 1981.
- .79-RC-3025. Macadán Asfáltico por Penetración. Especificaciones constructivas.- Vig. Desde; abril 1981.
- 80-RC-3026 Pavimentación. Pavimento de hormigón hidráulico, bacheo y sellado de grietas.
- 81-RC-3158. Base pétreo de granulometría continua. Especificaciones constructivas. Vig. Desde; febrero 1985.
- 82-RC-3181. Pavimentación. Ejecución de la Compactación del H.A.C. por Compactador Vibratorio. Vigas desde 02-88.
- 83-RC-4022. Pavimentadora de Hormigón Asfáltico Caliente. Uso y Operación. Vig. Desde 01-84.
- 84-Refuerzo con hormigón y construcción de apertura rápida al tráfico (Fast Track) en los Estados Unidos / M. J. Knutson. – TEV; ACPA; - /s.l.:sn.,1997.- 22 p.
- 85-Rehabilitación de pavimentos de hormigón con armadura estructural. / Mariano Enrique Pombo; Antonio Blanco Blasco, tutor. TVE; CIP (Consejo Departamental de Lima). La rehabilitación y el mantenimiento de las carreteras del Perú. 1992. Pág.49-78.
- 86-Ricardo López Perona. Pavimento de hormigón de rápido endurecimiento (Fast Track). Rutas (España) Vol.:39 N^{ro} 4. Pág. 16-24; junio 1991. Pavimento de uso rápido.



87-Sandra Oda. Viabilidad técnica de usar caucho de neumáticos como material de pavimentación. Departamento de ingeniería civil en la universidad estatal de Maringa.UEM

88- Solís LA et al. Pavimento de hormigón poroso de altas prestaciones como capa de rodadura para tráfico pesado. LA. Solís, M. Bollati, J. Díaz Minguela, J.E García E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid.1er Simposium Nacional de Hormigón de Alta Resistencia. Madrid 25-27 Febrero, 1998.

89-Owen. Trabajo de Diploma Tecnología de Pavimentación, tutor Pedro Orta, 2006-2007

90-T. Paul Tang, “Superpave Mixture Design Guide “US Department of Transportation, and Federation Highway Administration”: Pág.23. Febrero 2001. (E.U.). <http://www.tfhrc.gov>.

.91-THOMAS. Cargadores Piezas y Accesorios. – EEUU; Editorial Thomas Equipment; Octubre 1991. – 6 p.

Se especifican las piezas y accesorios necesarios para estas máquinas de construcción.

92-Tomás, J.S., Losada, R., Roji, E. “Posibilidades del Hormigón para Capas de Rodadura”. Revista Española Arte y Cemento. 1.909: Pág. 1-10, 2001. (España) <http://www.artecemento.com>.

93-Torrejó, J, La tecnología “SHRP-SUPERPAVE, Evaluación de su Aplicabilidad en Chile”: Pág. 28. Marzo 1999. (Chile). <http://www.universidadchile.com>.



94-Torres Vila, J. Diseño y Construcción de Explanaciones / J. Torres Vila, _La Habana: Editorial ENPES, 1986. --Tomo.2 -- Pág. 3 -182.

95-VÖGELE. Catálogo. Pavimentadora. – España. – 2 p.

96-. Witoszek B, Rodriguez M. and Bollati.B High Performance Porous Concrete for Road Traffic. B. Witoszek, M. Rodriguez and B. Bollati 8th International Symposium on Concrete Roads13-16 September 1998, Lisboa (Portugal).

97-White Topping ¿La solución?. Revista OBRAS No. 18 Separata Técnica. Antonio T. Martínez, Dirección de Desarrollo Tecnológico del MICONS. C. Habana, Cuba, 2003