



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE



Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

PROPUESTA: LM-PI-UMP-014-P

RECICLAJE EN PAVIMENTOS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Preparado por:

Unidad de Materiales y Pavimentos

San José, Costa Rica
marzo de 2014

Documento generado con base en el Art. 6, inciso g) de la Ley 8114 y lo señalado en el Cap. IV, Art. 66 Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto DE-37016-MOPT.

Preparado por: Unidad de Materiales y Pavimentos del PITRA-
LanammeUCR luis.loriasalazar@ucr.ac.cr



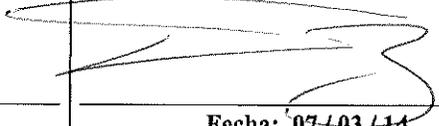
1. Informe LM-PI-UMP-014-P		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: RECICLAJE DE MATERIALES ASFÁLTICOS		4. Fecha del Informe marzo de 2014
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias		
9. Resumen <i>La técnica de reciclado de los materiales que componen la carpeta asfáltica de los pavimentos surge como respuesta a la necesidad general de conservar y proteger el medio ambiente, que se ha venido dando en los últimos años.</i> <i>Con este proceso se logran beneficios económicos y ambientales como: la prevención de la contaminación generada por la producción de productos nuevos o materiales vírgenes, el ahorro de la energía empleada en la fabricación y transporte de esos materiales, la reducción de la generación de gases que contribuyen con el efecto invernadero, la conservación de los recursos naturales, la disminución de los espacios necesarios para el acopio de los desechos, entre otros.</i> <i>Diferentes investigaciones se han realizado en este sentido; sin embargo, queda mucho aún por investigar, es por esto que, la presente propuesta describe una de las líneas de investigación que actualmente se encuentran en desarrollo en la Unidad de Materiales y Pavimentos del LanammeUCR y que se comparte con el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Lo anterior con el objetivo de enriquecer la calidad de las investigaciones de ambos centros en procura del mejor beneficio para los costarricenses.</i>		
10. Palabras clave RAP, reciclaje, pavimentos	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 14
13. Preparado por: Ing. Sergio Fernández Cerdas MSc. Investigador Instituto Tecnológico de Costa Rica Fecha: 07 / 03 / 14		
14. Revisado por: Ing. José Pablo Aguiar Moya, Ph.D. Coordinador Unidad de Materiales y Pavimentos  Fecha: 07 / 03 / 14	15. Revisado y aprobado por: Ing. Guillermo Loría Salazar, Ph.D. Coordinador General PITRA  Fecha: 07 / 03 / 14	

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	3
1. INTRODUCCIÓN	4
1.1 OBJETIVO GENERAL	5
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.3 JUSTIFICACIÓN	6
1.4 MARCO TEÓRICO	7
2. METODOLOGÍA PROPUESTA	10
3. RESULTADOS / PRODUCTOS ESPERADOS	12
4. CONFORMACIÓN DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN.....	14
5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	14
6. RECURSOS NECESARIOS	14
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RESPONSABLES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	14
-----------------------------------------------------------	----

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, el reciclaje de desechos y su incorporación en mezclas compuestas vírgenes tales como mezclas de agregados, concretos hidráulicos y asfálticos, se ha convertido en un frecuente objeto de investigación en varios países desarrollados debido a la gran cantidad de desechos que se generan anualmente y a la actual escasez de recursos no renovables. Se cree que la utilización de desechos reciclados puede llegar a igualar o a mejorar las propiedades mecánicas y funcionales de dichos materiales para aplicaciones en obras civiles. Este es el caso de materiales tales como el pavimento asfáltico reciclado (RAP), las tejas asfálticas (RAS) y el caucho de neumáticos (CR).

El asfalto reciclado ha sido utilizado en los Estados Unidos desde 1970 (1) como sustituto de agregado grueso y fino así como una valiosa fuente de cemento bituminoso que puede ser reincorporado en mezclas asfálticas vírgenes. Las técnicas de reciclaje cobraron fuerza a raíz de la escasez y a la subsecuente alza en los precios del crudo. La incorporación de este material ha generado ahorros económicos significativos en la producción de mezclas asfálticas ya que reduce la demanda de materiales no renovables tales como el cemento bituminoso y los agregados pétreos. De igual forma, la gran cantidad de desechos generados por el tratamiento inadecuado de escombros y residuos asfálticos ha sido reducida significativamente. Otros beneficios asociados a los costos por transporte, la conservación de energía durante la producción y el mantenimiento de la geometría del camino son también mencionados. Durante los últimos 15 años, las técnicas de reciclaje han incrementado significativamente con la aparición de máquinas perfiladoras y el desarrollo e innovación de las plantas de producción continua que incluyen tambores mezcladores que permiten la incorporación del reciclado. Tal es el éxito de las técnicas de reciclaje que el pavimento asfáltico reciclado se ha convertido en el material de mayor reciclaje en los Estados Unidos. De acuerdo a la Administración Federal de Carreteras de los Estados Unidos, aproximadamente 30 millones de toneladas de este material son reciclados en este país como parte de estructuras de pavimento flexible.

Numerosas investigaciones han comparado las propiedades volumétricas y el desempeño de las mezclas asfálticas en caliente con y sin la adición de asfalto reciclado tanto en laboratorio como en campo. Los resultados han demostrado que la presencia del reciclado asfáltico en mezclas asfálticas vírgenes genera propiedades volumétricas y mecánicas similares a la de las mezclas asfálticas convencionales, siempre y cuando se regulen los porcentajes de asfalto reciclado debido a que un exceso de este material puede ocasionar agrietamientos por fatiga y pérdida de consistencia de

la mezcla que puede derivar en problemas de compactación. Es importante aclarar que los efectos mencionados anteriormente han sido cuantificados para materiales asfálticos reciclados convencionales caracterizados por la ausencia de algún tipo de aditivo. Durante los últimos años, se ha dado un incremento en la utilización de aditivos para modificar una propiedad de interés de los cementos y mezclas asfálticas tales como polímeros, fibras, aditivos anti-desnudamiento, entre otros. El uso de nuevas mezclas asfálticas tales como las mezclas asfálticas en tibio (WMA), las mezclas asfálticas de graduación intermedia (SMA) y abierta (OGFC) así como la implementación de tratamientos superficiales bituminosos que involucran el uso de emulsiones asfálticas ha aumentado significativamente. Lo anterior hace suponer que la industria del asfalto debe estar lista para conocer cuáles son los efectos del material reciclado proveniente de estas nuevas tecnologías sobre el desempeño de las mezclas asfálticas vírgenes u otros materiales utilizados para carreteras.

El presente documento abre paso al proyecto marco de investigación titulado “Evaluación de materiales asfálticos reciclados para su uso en materiales para carreteras” el cual pretende evaluar el efecto de la incorporación de materiales asfálticos recuperados de un camino sobre el desempeño de materiales para carreteras y caminos.

1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la incorporación de materiales asfálticos reciclados, provenientes de caminos existentes, sobre el desempeño de materiales utilizados en la construcción de carreteras y obras complementarias.

1.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de materiales asfálticos reciclados provenientes de caminos existentes a nivel macro, micro y nano-métrico.
- Determinar los efectos de la adición de materiales asfálticos reciclados en el desempeño a escala de laboratorio, de diversos materiales utilizados para carreteras, tales como bases granulares, mezclas asfálticas, entre otros
- Desarrollar metodologías de diseño de materiales en laboratorio considerando la incorporación de materiales asfálticos reciclados.
- Evaluar el comportamiento estructural y funcional a escala real, de secciones de pavimento construidas con materiales asfálticos reciclados utilizando datos del simulador de vehículos

pesados (Heavy Vehicle Simulator, HVS) y una red de sensores de instrumentación ubicados en diferentes puntos de la estructura de pavimento.

- Desarrollar un procedimiento para la recuperación en sitio y el tratamiento del material reciclado en planta o en sitio que instruya a los proveedores y usuarios de los materiales reciclados sobre el uso apropiado de los mismos.
- Generar especificaciones técnicas a nivel nacional que regulen el uso de materiales asfálticos reciclados para garantizar el buen desempeño de materiales para obras de infraestructura vial.

1.3 Justificación

Durante los últimos años, el Estado Costarricense ha estado focalizando gran parte de sus recursos económicos al mantenimiento y rehabilitación de la red vial nacional y municipal. Algunas veces, estas actividades requieren de estrategias que involucran la remoción de capas asfálticas deterioradas que generan una gran acumulación de desechos los cuales carecen de un plan de tratamiento o reutilización que permitan su reducción. De igual forma, no es un secreto que el precio del crudo ha subido considerablemente durante los últimos años y la explotación de recursos no renovables en canteras y ríos ha causado un impacto ambiental contraproducente para nuestro país. La modernización de la industria del asfalto ha traído consigo la aparición de equipos que permiten extraer materiales asfálticos de un camino, tratarlos en planta, incorporarlos a nuevas mezclas asfálticas e incluso recuperarlos, mezclarlos y colocarlos simultáneamente en sitio como lo es el caso del reciclado en frío y en caliente. El uso eficiente de reciclados asfálticos en los Estados Unidos y Europa demuestra el potencial que tienen estos materiales para reducir costos energéticos y la explotación de recursos no renovables aunado al ahorro económico que conlleva la producción de mezclas asfálticas con dichos materiales. El beneficio se hace aún más grande ya que el desempeño mecánico y funcional de algunos materiales conteniendo reciclados asfálticos ha demostrado ser igual o mejor a materiales producidos con materias primas convencionales. Es importante mencionar que la industria del asfalto debe estar preparada para conocer los efectos del reciclado proveniente de nuevas tecnologías (asfaltos modificados con aditivos, mezclas asfálticas en tibio, entre otros) ya que a futuro, las mismas deberán ser removidas de los caminos y constituirán potenciales fuentes de desecho. Por esa razón, el presente proyecto marco pretende evaluar diferentes tipos de reciclados asfálticos y no se limitará a únicamente el reciclado proveniente de mezclas asfálticas convencionales.

1.4 Marco teórico

Hoy en día, existen diversos tipos de materiales asfálticos que forman parte de estructuras de pavimento en servicio y que han superado su vida útil o bien, han sufrido un deterioro a corto plazo que afecta la calidad del ruedo. Su remoción y sustitución genera una gran cantidad de escombros que son apilados en distintos lugares sin un plan de tratamiento y re-utilización. Dentro de los diversos tipos de mezcla asfálticas se pueden mencionar las mezclas asfálticas convencionales así como las mezclas asfálticas con aditivos (SMA, OGFC o WMA) cuyo objetivo es mejorar las propiedades del cemento o del compuesto asfáltico. Existen además materiales asfálticos que componen los tratamientos superficiales bituminosos, sellos “slurry”, entre otros que son utilizados comúnmente para reducir la tasa de deterioro de una estructura de pavimento. Para la industria del asfalto, es imperativo determinar qué uso se podría brindar a estos materiales una vez que sean retirados de un camino.

Uno de los materiales asfálticos que ha sido reutilizado con éxito ha sido el pavimento asfáltico reciclado (en adelante RAP). El RAP hace mención a aquellas capas asfálticas que forman parte de una estructura de pavimento y que son recuperadas, procesadas y reutilizadas en nuevos materiales. Han et. al (1) definieron el asfalto reciclado como el “material de pavimento recuperado y reprocesado el cual contiene cemento asfáltico y agregado pétreos”. Dicho material puede ser obtenido de la remoción de pavimentos fatigados o envejecidos, desechos de planta y laboratorio así como de materiales rechazados en campo.

Los beneficios del RAP incluyen aspectos económicos, energéticos y técnicos. Dentro de los beneficios económicos, la utilización de RAP como sustituto de agregado pétreo en mezclas asfálticas produce un ahorro significativo tomando en cuenta que el RAP es comercializado a un costo menor. De igual forma, el porcentaje de cemento bituminoso que puede ser recuperado y reutilizado en mezclas vírgenes llega a disminuir sustancialmente los costos asociados al cemento bituminoso virgen. Sebaaly (2) reportó que contenidos de RAP en mezclas asfálticas vírgenes entre 20%-50% resultan en 14%-34% de ahorros por tonelada de mezcla asfáltica producida.

Además de los beneficios mencionados anteriormente, el RAP ofrece una serie de beneficios desde el punto de vista técnico. En caminos con pavimentos fatigados, deformaciones superficiales a nivel de carpeta asfáltica o con cierto grado de envejecimiento del asfalto, la técnica del reciclaje se considera apropiada para remover las capas dañadas y aplicar técnicas de

mantenimiento y rehabilitación con el fin de incrementar el nivel de serviciabilidad de un camino. De igual forma, la técnica permite mantener la geometría del camino, mejorar la regularidad superficial y la calidad del rodaje así como mejorar la adherencia entre capas. Hoy en día, existe poca experiencia práctica y académica en cuanto al desempeño de RAP proveniente de mezcla asfálticas en tibio, mezclas asfálticas de graduación abierta e intermedia, entre otros cuando éste es incorporado en mezclas vírgenes o en materiales granulares.

Existen otros materiales tales como el caucho de neumáticos que ha sido utilizado para sustituir fuentes no renovables de agregado fino así como un modificador de cemento asfáltico virgen. Este tipo de materiales son obtenidos del procesamiento de desechos de neumáticos los cuales están compuestos por caucho sintético, caucho natural, acero, poliéster y varios químicos en diferentes proporciones. Durante el procesamiento, los componentes de acero y fibras son eliminados resultando en el aprovechamiento del caucho el cual es utilizado para flexibilizar el cemento asfáltico. Uno de los principales problemas que enfrenta la industria con este material es la dificultad para clasificar los cementos asfálticos modificados con caucho por grado de desempeño, ya que los ensayos utilizados para estos fines deben ser alterados (Illinois, 3). A pesar de que el caucho de neumáticos es una potencial fuente para mejorar el desempeño de materiales compuestos para uso en infraestructura vial, su factibilidad debe ser evaluada a nivel local.

Otros materiales han sido utilizados exclusivamente para la sustitución de fuentes no renovables de agregados para mezclas asfálticas. La escoria líquida enfriada al aire (ACBFS), proveniente del proceso de fundición del hierro, es usado en estados como Illinois para mejorar la estabilidad de mezclas asfálticas así como la fricción entre la superficie de ruedo y los neumáticos. Su alta resistencia al desgaste y larga durabilidad ante climas extremos hacen de este material, un excelente sustituto de agregado grueso para superficies de rodamiento. A pesar de esto, se ha mencionado que el ACBFS presenta una alta variabilidad en sus propiedades, entre ellas la porosidad superficial, la cual genera problemas durante el control de calidad en obras de pavimentación.

Según la Asociación de Reciclaje y Reclamo de Asfaltos de los Estados Unidos (ARRA, 4), existen cinco métodos de reciclado de materiales asfálticos:

- Remoción en frío (Cold Planing): consiste en remover controladamente el pavimento existente a una profundidad, perfil longitudinal o pendiente transversal deseada. El RAP

obtenido se puede re-utilizar para reforzar bases granulares o realizar algunas reparaciones en pavimentos.

- **Reciclado en caliente en planta (Hot Recycling):** consiste en combinar el RAP con agregados y cemento asfáltico virgen y alternativamente, agentes de reciclado en una planta de asfaltos que permita producir una mezcla reciclada. Este tipo de reciclaje es el más utilizado en el mundo dado que en países como los Estados Unidos se generan aproximadamente 50 millones de toneladas de RAP. De igual forma, numerosas investigaciones han demostrado que la adición controlada de RAP en mezclas vírgenes es factible desde el punto de vista técnico y económico. De igual forma, el reciente desarrollo de las mezclas asfálticas en tibio (WMA) se ha convertido en una potencial solución para contrarrestar los efectos negativos de la excesiva adición de RAP cuando ambos materiales se combinan.
- **Reciclado en sitio en frío (Cold recycling):** consiste en escarificar la capa asfáltica (sin aplicación de calor), incorporar al material reciclado a un vehículo que lo combina con emulsión asfáltica de quiebre medio o lento, y eventualmente, agregado grueso, para formar un material que inmediatamente se coloca y compacta.
- **Reciclaje en sitio en caliente (Hot In-Place Recycling HIR):** en este tipo de procesos, el reciclado se realiza completamente en sitio mediante el calentamiento y suavizado de la capa asfáltica existente, permitiendo su escarificación, mezclado, colocación y compactación con equipo de pavimentación convencional. En este método, agregados y cemento asfáltico virgen, agentes de reciclado o nuevas mezclas asfálticas pueden ser incorporados según se requiera. En este caso, es importante conocer detalladamente las propiedades de la capa asfáltica a re-utilizar ya que de esto dependerá los componentes que deben ser añadidos así como su concentración.
- **Reparación a profundidad total (Full Depth Reclamation FDR):** es una técnica de rehabilitación donde el espesor total de la capa asfáltica y una porción predeterminada de materiales inferiores (base, sub-base granular, material de préstamo, sub-rasante) es uniformemente pulverizada y mezclada para producir una base granular de alto desempeño sobre la cual, se puede colocar un tratamiento superficial bituminoso o una

nueva capa asfáltica. El proceso de pulverizado, mezclado, conformación y compactación de la base reciclada se realiza en sitio mediante un proceso simultáneo.

Para un reciclaje apropiado, es necesario conocer el material asfáltico a re-utilizar puesto que el desempeño del nuevo material dependerá de sus propiedades. Además, el proceso constructivo detrás de las técnicas de reciclado mencionadas no será efectivo si se desconoce el material re-utilizado. De allí la importancia de estudiar los efectos de diversos reciclados asfálticos y sus beneficios desde diversos puntos de vista. Es importante mencionar, que el proceso de reciclado requiere de diseño adecuado de materiales, preferiblemente, análisis fundamental, en particular en proyectos con inversiones altas, para así garantizar el desempeño adecuado del material contra el envejecimiento, daño por humedad y el agrietamiento por fatiga, así como para tener los valores de las propiedades que se incorporarán en el diseño estructural del pavimento.

2. METODOLOGÍA PROPUESTA

Fase I: Revisión de bibliografía

En esta fase, se evaluarán una serie de publicaciones científicas sobre el efecto de la adición de diversos materiales asfálticos reciclados en el desempeño de materiales para carreteras, desempeño en sitio, metodologías de diseño estructural y de material. Esto, con el fin de obtener un panorama actualizado sobre el desarrollo de dicha temática y a la vez, obtener la retro-alimentación suficiente, que permita mejorar el esquema del trabajo propuesto (objetivos propuestos, metodología, diseño experimental, entre otros).

Fase II: Caracterización de posibles fuentes de material asfáltico reciclable

Durante esta fase, se identificarán al menos cuatro fuentes de RAP para desarrollar la investigación y además, se espera determinar las propiedades de dichas posibles fuentes de material mediante ensayos de laboratorio. Esto brindará un primer indicador cuantitativo sobre la factibilidad de dichos materiales para ser incorporados en nuevos materiales utilizados en obras viales. Estas determinaciones se realizarán a escala macro, micro y nano-métrica cuando aplique. De igual forma, la caracterización de dichos materiales comprenderá el estudio de la variabilidad de sus propiedades tomando en cuenta el lugar de procedencia, composición y condiciones de servicio (nivel de tráfico, condiciones ambientales, entre otros).

Fase III: Evaluación de materiales compuestos por reciclados asfálticos

En esta etapa, se cuantificará el efecto de la adición de las fuentes de RAP disponibles sobre el desempeño de materiales utilizados en obras viales provenientes de tres fuentes de agregado distintas. La evaluación de estos materiales se realizará mediante ensayos de desempeño en el laboratorio que permitan concluir sobre la aceptación preliminar de la inclusión de un reciclado asfáltico en un determinado material compuesto. Además, se pretende obtener la concentración óptima de reciclado asfáltico a añadir en un determinado material para lograr un balance que favorezca su desempeño. Finalmente, se espera proponer una metodología de diseño preliminar en el laboratorio y que sea aplicable para Costa Rica.

Fase IV: Evaluación de desempeño de materiales compuestos por reciclados asfálticos a gran escala

Durante esta fase, se evaluará el comportamiento de secciones de pavimento a gran escala, compuestas por dos de las combinaciones de RAP-agregado virgen que mejor se desempeñaron a escala de laboratorio. En este caso, se utilizará el simulador de vehículos pesados (en adelante HVS) del PaveLab del LanammeUCR, para acelerar el efecto de las cargas vehiculares y clima, sobre el desempeño del pavimento y así obtener resultados a corto plazo, del desempeño a largo plazo de los materiales evaluados. Adicionalmente, se propondrá la construcción de dos tramos experimentales en dos rutas de la Red Vial Pavimentada Estratégica (RVPE) en donde se pueda cuantificar el desempeño del pavimento bajo condiciones de carga y ambiente reales a corto, mediano y largo plazo. Esto permitirá, entre otras cosas, dibujar curvas de deterioro que permitan predecir los períodos de análisis y de desempeño de estructuras de pavimento conformadas por materiales asfálticos reciclados. Dicha etapa es clave para la investigación pues de aquí se obtendrán los indicadores más significativos para concluir sobre los beneficios de los reciclados asfálticos para el mejoramiento de la infraestructura vial nacional.

Fase V: Desarrollo de metodologías para la recuperación y el tratamiento de reciclados asfálticos en planta y en sitio de construcción

Se desarrollarán manuales que instruyan tanto a los proveedores del reciclado asfáltico como a los usuarios sobre el apropiado tratamiento del reciclado asfáltico durante su extracción y tratamiento en planta y proyecto, respectivamente. Adicionalmente, se elaborarán especificaciones técnicas que

puedan ser incorporadas a las especificaciones nacionales vigentes en Costa Rica. Esta fase tendrá un fuerte componente de capacitación y transferencia de conocimiento a nivel nacional.

3. RESULTADOS / PRODUCTOS ESPERADOS

X	Artículo científico en revista indexada		Libro
	Artículo científico en revista indexada		Capítulo de libro
X	Artículo de divulgación	X	Especificaciones técnicas
X	Ponencias en congresos		Hardware
X	Conferencias o seminarios		Software
	Patentes	X	Trabajos o proyectos de graduación
X	Diseño de cursos	X	Nuevas metodologías
	Formación de la comunidad científica		

Generación de nuevo conocimiento: Científico y/o académico		
Resultado/producto esperado	Indicador	Beneficiario
Metodologías de diseño con reciclados asfálticos	Artículos científicos	Ingenieros de pavimentos sector público, privado
Curva de deterioro de pavimentos con reciclados asfálticos	Artículos científicos	Ingenieros de pavimentos sector público, privado
Metodologías de tratamiento en planta y producción de mezclas asfálticas con reciclados	Manuales técnicos	Productores de mezcla asfáltica, sector público y privado
Impacto a nivel nacional en la comunidad científica		
Resultado/producto esperado	Indicador	Beneficiario
Formación de investigadores jóvenes	Participación de asistentes de investigación	Estudiantes Ingeniería Civil/Ingeniería en Construcción
Beneficios sociales y/o culturales		
Resultado/producto esperado	Indicador	Beneficiario
Fomento de la relación entre la academia, el sector público y privado	Trabajo en equipo, reuniones periódicas, manuales informativos	Universidad de Costa Rica, Tecnológico de Costa Rica, Sector público, sector privado
Mejoramiento de las técnicas de tratamiento de reciclado asfáltico	Especificaciones técnicas	Productores de mezcla asfáltica, sector público y privado
Fortalecimiento de vínculos de apoyo y reconocimiento de la Universidad de Costa Rica con el sector externo		
Resultado/producto esperado	Indicador	Beneficiario
Artículos científicos en revistas indexadas	Artículos científicos	Universidad de Costa Rica, Tecnológico de Costa Rica, sector público, sector privado
Ponencias en congresos, seminarios o conferencias	Ponencias	
Vínculos con otras universidades	Participación de investigadores de otras universidades nacionales e internacionales	

4. CONFORMACIÓN DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN

Tabla 1. Responsables del proyecto de investigación

Investigador / Colaborador	Grado académico	Estado en régimen	Función en el proyecto	Dedicación semanal (horas)	Meses
Luis Guillermo Loría Salazar	Doctorado	Catedrático UCR	Investigador principal	Depende de proyectos específicos	Depende de proyectos específicos
Sergio Fernández Cerdas	Maestría	Profesor ITCR	Investigador asociado	Depende de proyectos específicos	Depende de proyectos específicos
Estudiantes pregrado	Estudiantes pregrado	Estudiante	Investigador asociado	Depende de proyectos específicos	Depende de proyectos específicos

5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El cronograma de trabajo será establecido según el alcance de cada proyecto de investigación en específico.

6. RECURSOS NECESARIOS

Los recursos necesarios serán determinados según el alcance de cada uno de los proyectos específicos y podrán incluir gastos asociados a publicaciones, materiales o reactivos para ensayos de laboratorio o de campo, papelería, fotocopias, transporte, viáticos así como participación en congresos o seminarios.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Han, J., Thakur, S., Chong, O., Parsons, R., "Laboratory Evaluation of Characteristics of Recycled Asphalt Pavement in Kansas", Departamento de Transportes de Kansas, Universidad de Kansas, Centro de Transportes de la Universidad del Estado de Kansas, Setiembre, 2011.
2. Sebaaly, P., "RAP in HMA Pavements", Universidad de Nevada, Abril, 2009 Chapat, Billal, "The Environmental Road of the Future: Life Cycle Cost Analysis", Grupo Colas, 2003.
3. Griffiths, C; Krstulovich, J; "Utilization of Recycled Materials in Illinois Highway Construction", Departamento de Transportes de Illinois, 2001.
4. USDOT, FHWA, "Basic Asphalt Recycling Manual", Departamento de Transportes de los Estados Unidos, Administración Federal de Carreteras, Asociación de Reciclaje y Reclamo de Asfaltos de los Estados Unidos ARRA, 2001.

