



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN  
INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ALTERNATIVAS PARA EL REAPROVECHAMIENTO DE LOS  
RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS DE CONCRETO  
EN MÉXICO**

**T E S I S**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA**

INGENIERÍA CIVIL – CONSTRUCCIÓN

P R E S E N T A :

**ING. JOSÉ LUIS LÓPEZ GUILLÉN**



TUTOR:

**ING. ROBERTO SOSA GARRIDO**

2011

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: M.C. Esteban Figueroa Palacios  
Secretario: Dr. Jesús Hugo Meza Puesto  
Vocal: Ing. Roberto Sosa Garrido  
1<sup>er</sup>. Suplente: Ing. Juan Luis Cottier Caviedes  
2<sup>do</sup>. Suplente: M.I. Enrique Samuel Dahlhaus Parkman

Lugar o lugares donde se realizó la tesis:

Facultad de Ingeniería, UNAM

**TUTOR DE TESIS:**

Ing. Roberto Sosa Garrido

---

**FIRMA**

## Agradecimientos

A mis padres por el apoyo que me han brindado durante todo este tiempo, en especial a mi mamá por su comprensión y por ser siempre un respaldo para mí en todos los sentidos.

A toda mi familia, gracias por su cariño y por estar siempre conmigo.

A todos mis amigos y hermanos que gracias a su amistad y cariño hacen que todo sea menos complicado.

Al Ing. Roberto Sosa Garrido por su tiempo, por su paciencia y por sus comentarios que fueron parte muy importante para el desarrollo de este trabajo.

A todos los ingenieros y profesores por compartir sus conocimientos y enseñanzas durante el periodo de estudios realizados en el posgrado de ingeniería, en especial al Dr. Jesús Hugo Meza Puesto por sus valiosos consejos y comentarios para el desarrollo de este trabajo.

A todos a los que en algún momento han compartido esta etapa de mi vida, muchas gracias.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por la oportunidad brindada para la realización de los estudios de posgrado, gracias a su apoyo fue posible culminar esta etapa tan importante para mí.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES SOBRE EL MANEJO DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DE DEMOLICIÓN.	5
1.1. Manejo de los residuos de la construcción y de demolición	5
1.2. Generación y composición de los residuos de la construcción y de demolición.	7
1.2.1. México	8
1.2.2. Estados Unidos	10
1.2.3. Sudamérica	10
1.2.4. Europa	12
1.2.5. Australia	15
1.3. Normatividad para el manejo de los RCD.	15
1.3.1. Normatividad en México	16
1.3.1.1. Normativa ambiental para el Distrito Federal	16
1.3.1.2. Clasificación de los residuos de la construcción (Norma NADF-007-RNAT-2004).	17
1.3.1.3. Especificaciones técnicas para el manejo de los residuos de la construcción	17
1.3.1.4. Normativa Ambiental del Estado de México	21
1.3.2. Normatividad en otros países	22
1.3.2.1. Alemania	23
1.3.2.2. España	23
1.3.2.3. Holanda	25
1.3.2.4. Reino Unido	25
1.4. Conclusiones capitulares	26
CAPITULO 2. REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS DE CONCRETO.	28
2.1. Reciclaje de pavimentos de concreto y sus aplicaciones	29
2.2. Reciclaje de pavimentos de concreto mediante técnicas tradicionales de demolición y la producción de agregados reciclados	30
2.2.1. Preparación de la superficie	31
2.2.2. Rompimiento y remoción del pavimento	32
2.2.3. Separación del acero de refuerzo en pavimentos	34
2.2.4. Trituración y producción de agregados reciclados de concreto	36
2.2.4.1. Influencia del proceso de trituración	36
2.2.4.2. Influencia del concreto viejo	38
2.2.4.3. Clasificación y propiedades de los agregados reciclados	39
2.3. Reciclaje de pavimentos de concreto mediante el pulverizado y triturado "rubblizing".	42
2.3.1. Descripción del sistema "rubblizing"	42
2.3.2. Proceso constructivo del sistema "rubblizing"	43
2.3.3. Rubblizing utilizando equipo rompedor de frecuencia resonante	54
2.3.3.1. Descripción del equipo rompedor de frecuencia resonante	57
2.3.4. Rubblizing utilizando equipo Multi-Head Breaker (MHB), (rompedor de cabezas	

múltiples)	60
2.4. Conclusiones capitulares	66
<hr/>	
CAPITULO 3. EVALUACIÓN COMPARATIVA DE ALTERNATIVAS PARA EL REAPROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE UN PAVIMENTO DE CONCRETO PARA EL CASO DE UNA AEROPISTA EN MÉXICO.	67
<hr/>	
3.1. Obras factibles para la aplicación de alternativas en México	67
3.1.1. Pavimentos de concreto en aeropuertos	68
3.1.2. Pavimentos de concreto en carreteras	70
3.1.3. Pavimentos de concreto en vialidades urbanas	72
3.2. Ejemplo de aplicación de alternativas para el caso de un pavimento de concreto en la aeropista del Aeropuerto Internacional de Monterrey.	73
3.2.1. Aspectos generales	73
3.2.2. Alternativa 1: Rehabilitación del pavimento de concreto mediante su demolición con técnicas tradicionales y sin el reaprovechamiento del material de demolición.	77
3.2.2.1. Conceptos de obra	77
3.2.2.2. Costos del proceso	80
3.2.2.3. Propuesta de programa de obra	80
3.2.2.4. Ventajas del proceso	80
3.2.3. Alternativa 2: Rehabilitación del pavimento de concreto mediante su demolición con técnicas tradicionales y la producción de agregados reciclados de concreto en el sitio.	86
3.2.3.1. Conceptos de obra	86
3.2.3.2. Costos del proceso	86
3.2.3.3. Propuesta de programa de obra	91
3.2.3.4. Ventajas del proceso	91
3.2.4. Alternativa 3: Demolición del pavimento de concreto mediante la técnica de rubblizing con equipo rompedor resonante de pavimentos (RPB), y la reutilización de los residuos de demolición en el sitio.	95
3.2.4.1. Conceptos de obra	95
3.2.4.2. Costos del proceso	98
3.2.4.3. Propuesta de programa de obra	98
3.2.4.4. Ventajas del proceso de rubblizing	104
3.3. Evaluación comparativa de las alternativas propuestas para la rehabilitación del pavimento de concreto en una aeropista.	105
3.4. Conclusiones capitulares	107
<hr/>	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	108
<hr/>	
BIBLIOGRAFÍA	111
<hr/>	
APÉNDICE I	117
<hr/>	
APÉNDICE II	126
<hr/>	
APÉNDICE III	136

## **INTRODUCCIÓN**

La generación de basura es sin duda uno de los problemas ambientales que por su naturaleza causan mayor preocupación en la sociedad debido a los perjuicios que se generan al medio ambiente si no se lleva a cabo un manejo adecuado de los desperdicios. Actualmente se generan millones de toneladas de desperdicios que son producidos por diferentes industrias y por el consumo diario de cada uno de los habitantes, para esto se estima que solo entre el 5 y el 10 % de la basura que se produce en el país es sometida a algún sistema de reciclaje o de reutilización, lo cual es preocupante considerando las grandes volúmenes de basura que se producen actualmente y que sin embargo, gran parte de estos materiales considerados como desperdicios tienen un alto potencial de reaprovechamiento, pero debido al ineficiente sistema de manejo de residuos simplemente se continúa desechando la mayor parte de estos materiales.

Dentro de los diferentes tipos de residuos que se generan en el país, la industria de la construcción es una de las que produce cantidades importantes de desperdicios, los cuales son catalogados como residuos de la construcción y de demolición, estos son producidos básicamente por las actividades de la construcción, remodelación y demolición de estructuras de diferentes obras civiles.

En la actualidad, aunque ya existen algunas regulaciones por parte de las autoridades para el manejo y disposición de los residuos de la construcción y demolición, en la realidad la práctica sigue siendo la misma en la mayoría de los casos por parte de los generadores de este tipo de residuos, ya que los materiales de demolición de estructuras son desperdiciados, siendo llevados a sitios sin control para su disposición final como son barrancas, cauces de agua o terrenos baldíos, que por lo general se encuentran en las inmediaciones de las zonas urbanas y en el mejor de los casos a las afueras de las ciudades. Lo cual genera en algunos casos que estos se conviertan en vertederos de todo tipo de residuos propiciando grandes focos de contaminación y la proliferación de fauna nociva.

### Justificación:

El constante crecimiento y desarrollo de las zonas urbanas, genera que la industria de la construcción sea sin lugar a duda parte fundamental en el desarrollo de la infraestructura en el país, sin embargo las actividades mismas de la construcción, remodelación o demolición de obras en general, generan la necesidad de tratar los desechos de manera adecuada o en su defecto disponerlos en sitios controlados.

Ante esta problemática, se propone la aplicación de nuevas y mejores alternativas para disminuir y eliminar en lo posible la producción de los grandes volúmenes de desperdicios que actualmente se continúan generando. Buscando contrarrestar este problema mediante la utilización de procedimientos que permitan el reaprovechamiento de los residuos de demolición de pavimentos de concreto.

Por otra parte, cuando se hace necesaria la rehabilitación de carreteras, aeropistas o vialidades urbanas que cuentan con un pavimento de concreto el cual requiere de su demolición para su reconstrucción, se debe considerar como primera opción la posibilidad de reutilizar el material de demolición en la rehabilitación del mismo pavimento. Países como Estados Unidos y Alemania han desarrollado durante los últimos años tecnologías y algunos equipos para ser utilizados en el reaprovechamiento de materiales producto de la demolición en particular de pavimentos de concreto, demostrando su eficiencia de operación así como la efectividad de los procesos utilizados para ello, además de contar con la experiencia en varios proyectos que pueden servir como antecedente para la aplicación de mejores alternativas que contribuyan en el mejoramiento de técnicas para la rehabilitación de pavimentos de concreto en el caso particular de obras similares en México.

Objetivo general:

Proponer la aplicación de alternativas que de manera simultánea ofrezcan por una parte, una solución en la rehabilitación de pavimentos de concreto y que al mismo tiempo, se considere la reutilización del material de demolición en la misma obra minimizando al máximo el desperdicio de material, de tal manera que sea un proceso costeable y que ambientalmente contribuya en la mitigación del impacto ambiental que normalmente generan este tipo de obras, además de todas las ventajas que esto representa desde el punto de vista constructivo.

Objetivos particulares:

1. Identificar mediante la revisión de la normatividad ambiental en materia de residuos de la construcción y de demolición a nivel nacional e internacional, los requerimientos para su tratamiento o disposición.
2. Revisar y describir la información sobre la generación y el manejo de los residuos de la construcción y de demolición en México y otros países.
3. Describir, revisar y analizar las técnicas utilizadas por diferentes países para la reutilización de los residuos de demolición de pavimentos de concreto.
4. Proponer, analizar y determinar mediante la aplicación de alternativas, la propuesta más conveniente desde una perspectiva económica y ambiental para el reaprovechamiento de los residuos de demolición de un pavimento de concreto.

Dentro de las hipótesis planteadas en el presente trabajo se tiene lo siguiente:

La aplicación de técnicas utilizadas para la reutilización de los residuos de demolición de pavimentos de concreto son alternativas que pueden disminuir el costo y el tiempo para la rehabilitación de pavimentos de concreto en el país.

Desde una perspectiva ambiental el reaprovechamiento de residuos de demolición de pavimentos de concreto contribuye en la disminución del desperdicio de materiales que cuentan con un alto potencial de reutilización en el campo de la construcción.

El contenido de la presente investigación consta básicamente de tres capítulos, en el primer capítulo se presentan antecedentes sobre la generación y el manejo de los residuos de la construcción y de demolición, así como la normativa internacional y nacional. En el segundo capítulo se realiza una descripción de las principales técnicas utilizadas para el reaprovechamiento de los residuos de demolición de pavimentos de concreto. En el tercer capítulo se hace una evaluación comparativa de la aplicación de alternativas para el reaprovechamiento de los residuos de demolición de un pavimento de concreto para el caso de una aeropista en México. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del presente trabajo de investigación.

Las principales fuentes de información que se consultaron para el desarrollo de la investigación fueron algunos trabajos de tesis relacionados al tema de estudio, así como la revisión de bibliografía realizada por diferentes investigadores e instituciones especializados en la materia.

## CAPÍTULO 1

### **ANTECEDENTES SOBRE EL MANEJO DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DE DEMOLICIÓN**

En este primer capítulo se presenta un análisis sobre la situación actual en lo referente a la generación y el manejo de los residuos de la construcción y de demolición en el país y a nivel internacional, tomando en consideración los principales países y regiones en los cuales, se tienen datos obtenidos a través de diversos estudios elaborados por diferentes investigadores e instituciones, con los que se han podido determinar los porcentajes de manera aproximada, de los diferentes tipos de residuos generados por la industria de la construcción durante el proceso de construcción de obras civiles, o bien durante la demolición de las mismas en diferentes localidades y regiones del mundo.

#### **1.1 Manejo de los residuos de la construcción y de demolición**

La mayoría de los países que reciclan material producto de demolición han evolucionado prácticamente de la misma manera en los últimos años. Primero han comenzado aprovechando el residuo de la construcción para recuperar perfiles, para rellenos y construyendo subbases. Con el tiempo han introducido otras aplicaciones que requieren más experiencia y cuidado en su producción, como la fabricación de concretos reciclados y su aplicación en la construcción de diversas estructuras.

A pesar de que los objetivos del reciclaje van encaminados a una conservación de recursos naturales y a una mayor protección del medio ambiente, se puede afirmar, en general, que en Europa el móvil principal que ha dinamizado la implantación de plantas de reciclaje, es el económico. Entre los motivos más destacados cabe señalar la falta de agregados naturales aptos para la construcción (Elias, 2000).

En los países del centro y el norte de Europa, los residuos de la construcción eran vertidos, hasta la década de los años 80, generalmente en lugares habilitados para su tratamiento. En el transcurso de los últimos años, el reciclaje se ha convertido en otro medio de utilización de los residuos de la

construcción, un ejemplo claro son los Países Bajos donde actualmente se reciclan más de la mitad de los residuos generados.

A diferencia de lo que sucede en países desarrollados como los que conforman la Unión Europea así como Estados Unidos, Australia entre otros, los antecedentes sobre reciclaje de residuos de la construcción y la demolición en México son mínimos. En la figura No. 1.1, se presenta un esquema sobre el manejo actual de los residuos de la construcción en la zona metropolitana del D.F. y en el Estado de México, elaborado mediante un estudio realizado por la Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México.

En cada país existe un nivel diferente de restricción impuesto por las autoridades sobre la disposición final de los residuos de la construcción. Así en países como Alemania y Holanda, los residuos han de ser conducidos hacia el reciclaje antes que al vertido. En Estados Unidos, la Asociación Federal de Carreteras (FHWA), ha realizado varios proyectos donde se reciclan los pavimentos de concreto, como ejemplo, en 1985, durante la ampliación de varias carreteras en Wyoming, el agregado utilizado fue una mezcla de materiales naturales y reciclados, con lo que se ahorró el 16% del costo total de la ejecución del proyecto (FHWA, 1996).

En cuanto a la situación actual de algunos países europeos respecto al vertido de residuos de la construcción se observa lo siguiente; En Alemania está prohibido el vertido de los materiales que son reciclables, en Bélgica, los residuos pueden ser vertidos, pero el control es insuficiente. En Dinamarca los vertidos se realizan sobre zonas controladas, en Francia existen restricciones en los vertidos de los materiales inertes, y en el caso de Irlanda es necesaria una autorización para llevar a cabo un vertido. En Italia generalmente los residuos han de ser vertidos en lugares específicos para esta función, para el caso de España y la Gran Bretaña el vertido de residuos se ha de realizar solamente en los lugares autorizados, y en los Países Bajos existen depósitos que no aceptan los residuos que son reciclables o han de ser reciclados.

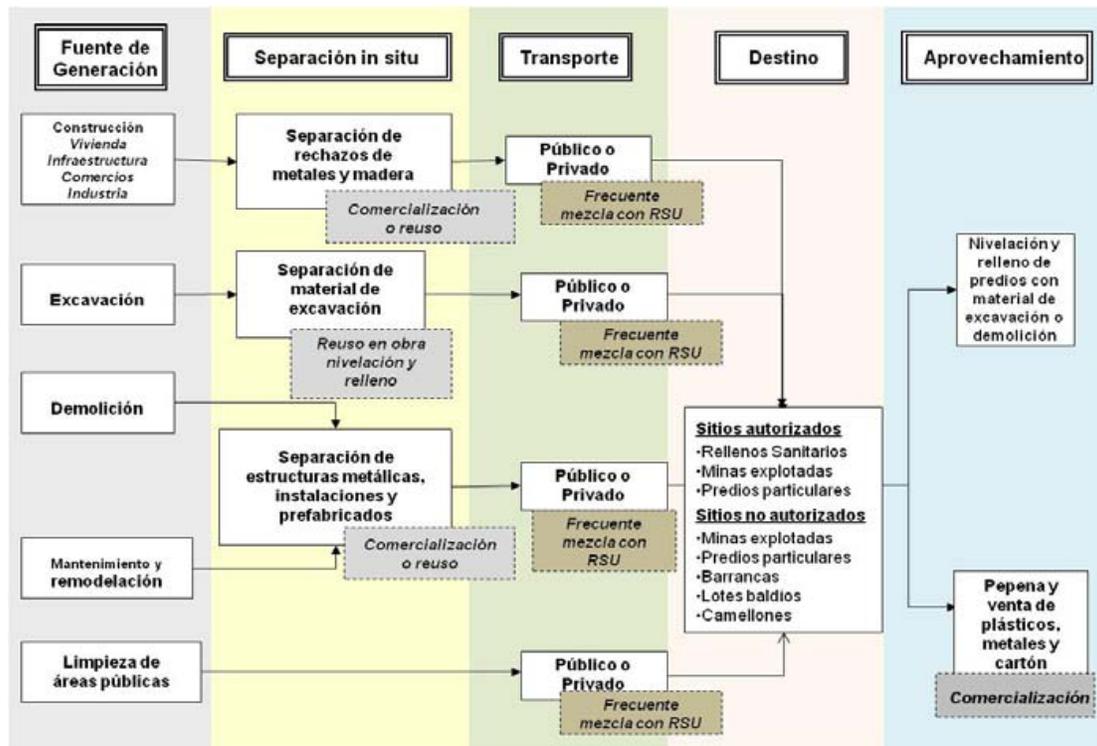


Figura No. 1.1 Manejo actual de los residuos de la construcción (SMAGEM, 2007).

## 1.2 Generación y composición de los residuos de la construcción y de demolición

Las grandes cantidades de residuos que se generan en la mayoría de los países del mundo a consecuencia de la construcción de nuevos proyectos, y sobretodo a la demolición de diversas estructuras como puentes, edificios, viviendas, carreteras, entre otros, ha incrementado la dificultad para el manejo y disposición final de este tipo especial de desperdicios, ya que en principio los lugares utilizados para su depósito no cumplen con los lineamientos mínimos ambientales, además de ser desechados sin tratar de reaprovecharlos en la producción de materiales reciclados o aplicarlos en algún elemento constructivo, lo cual refleja una de las problemáticas que actualmente enfrentan las ciudades en constante crecimiento ante la necesidad del mejoramiento de su infraestructura urbana.

Por otra parte, un factor determinante en la composición de los desperdicios es el tipo de materiales en la industria de la construcción que se utiliza en cada

país y en las diferentes regiones de cada uno de ellos, por lo que pueden existir variaciones considerables en cuanto a la composición en los porcentajes de los materiales de desperdicio, lo que simplemente refleja algunas de las diferencias existentes en el tipo de materiales utilizados en las diversas obras de cada región.

### 1.2.1 México

Actualmente se estima que la generación de residuos sólidos urbanos en el Distrito Federal es del orden de 12,000 ton/día, los cuales son depositados en el Relleno Sanitario de Bordo Poniente Etapa IV. En lo que corresponde a la generación de residuos de la construcción, según estimaciones proporcionadas por las delegaciones políticas del Distrito Federal, la generación de estos residuos alcanza valores cercanos a las 3,000 ton/día.

Por otra parte, de acuerdo con un estudio realizado por Cruz et al., en 1996, con base en la cantidad de obra construida en el periodo de tiempo de estudio y en la composición de los RCD, se obtuvieron datos sobre la generación de residuos de la construcción en el D.F., los valores que se obtuvieron se muestran en la tabla No. 1.1.

CONCEPTO		1990	1991	1992	1993	1994	1995
SUPERFICIE CONSTRUIDA (m <sup>2</sup> )		15,213,700	14,096,623	15,733,504	23,283,658	38,525,457	22,159,394
VOLUMEN ESTIMADO (m <sup>3</sup> )		12,931,645	11,982,129	13,373,478	19,791,109	32,746,638	18,835,485
GENERACIÓN DE RESIDUOS ESTIMADA (m <sup>3</sup> )		872,886	808,793	902,709	1,335,900	2,210,398	1,271,395
GENERACIÓN DE RESIDUOS ESTIMADA (Ton)	AÑO	1,309,329	1,213,191	1,354,065	2,003,850	3,315,597	1,907,092
	DÍA	3,587	3,324	3,710	5,490	9,084	5,225

Tabla No. 1.1 Generación de RCD en el Distrito Federal (Cruz et al, 1996).

La composición de los residuos generados por la industria de la construcción varía mucho dependiendo del tipo de actividad que los produce, ya sea la demolición o construcción de una estructura, además de los métodos utilizados para ello. Los residuos generados durante estas actividades consisten generalmente en pedacería de materiales utilizados en la industria de la

construcción tales como; madera, tabla roca, residuos de albañilería, metales, vidrio, plásticos, asfalto, concretos, ladrillos, bloques, cerámicos entre otros. En la figura No. 1.2 se muestra la composición de los RCD que se obtuvieron durante el estudio realizado en el Distrito Federal por Cruz et al.

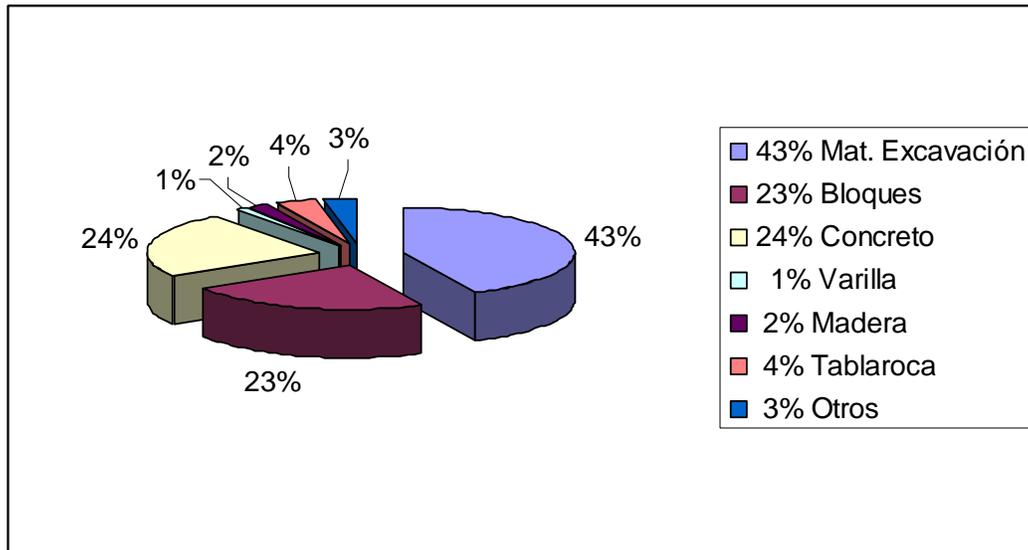


Figura No. 1.2 Composición de los RCD en el Distrito Federal (Cruz et al, 1996).

Dentro de los residuos generados por la industria de la construcción, los metales y la madera son los materiales que mayor potencial de reuso tienen, sin embargo, los residuos de las excavaciones, el concreto, las tejas, los ladrillos, tabiques y cerámicos, son otros componentes que también han demostrado a nivel mundial, tener un potencial importante de reuso o reciclaje, que permiten reducir de manera importante su disposición en el suelo de conservación.

Actualmente el crecimiento poblacional y la demanda de infraestructura para cubrir las necesidades de la población han generado el aumento de la construcción, demolición y remodelación de vivienda e infraestructura. La cuantificación del volumen de producción y composición de los residuos de la construcción (RC) se enfrenta al problema de la falta de datos fiables, lo que ha obligado hasta el momento a manejar estimaciones efectuadas a través de cálculos indirectos o basadas en muestras de limitada representatividad. Por ejemplo, una obra de demolición genera aproximadamente 900 kg/m<sup>2</sup> de residuos, mientras que una obra nueva genera cerca de 200 kg/m<sup>2</sup>. Se estima que un 1m<sup>3</sup> de obra construida, genera 0.068 m<sup>3</sup> de RC, asimismo se estima un

peso volumétrico de 1.5 ton/m<sup>3</sup>, por lo que 1m<sup>3</sup> de obra construida genera alrededor de 102 kg de RC (Elias, 2000).

### 1.2.2 Estados Unidos

Estados Unidos es uno de los países que ha demostrado mayor interés no solo en cuanto al manejo, disposición y el reciclaje de los residuos producto de la construcción y demolición, sino también en lo que respecta al manejo de los residuos sólidos municipales en general, en este país se han realizado estudios en diferentes zonas para la caracterización y la generación de los residuos de la industria de la construcción, lo cual también ha sido posible gracias al control de las autoridades encargadas de regular las normas ambientales como la Environmental Protection Agency (EPA). En la figura No. 1.3 se muestra la composición de RCD en un estudio realizado en el noroeste de los EUA.

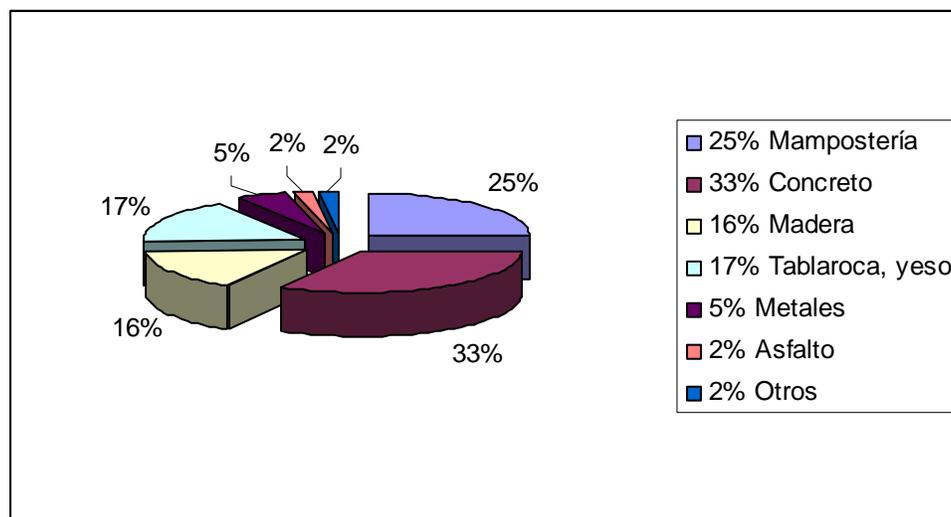


Figura No. 1.3. Composición de una muestra de demolición de edificaciones no residenciales en el Noroeste de EUA (Franklin Associates, 1998).

### 1.2.3 Sudamérica

En Argentina, al igual que muchos de los países en vías de desarrollo la industria de la construcción genera importantes volúmenes de RCD, el material residual, en su gran mayoría se continúa eliminando mediante el sistema de vertido directo en terrenos sin ningún tratamiento no control. La composición de los subproductos, materias y sustancias que forman estos residuos son

algunos como: concreto, cerámicos, madera, hierro, vidrio, piedra, plásticos, todos con un valor importante de reciclaje.

Aunque no se cuenta con valores exactos sobre la generación de residuos de la construcción y de la demolición en Argentina, en la zona del Chaco se realizó un estudio sobre la composición de los RCD en la ciudad de Resistencia, donde se obtuvieron los datos que se muestran en la figura No. 1.4. Mediante un estudio similar realizado en la localidad de Salvador en Brasil, se elaboró la composición de los RCD en esta zona, figura No. 1.5.

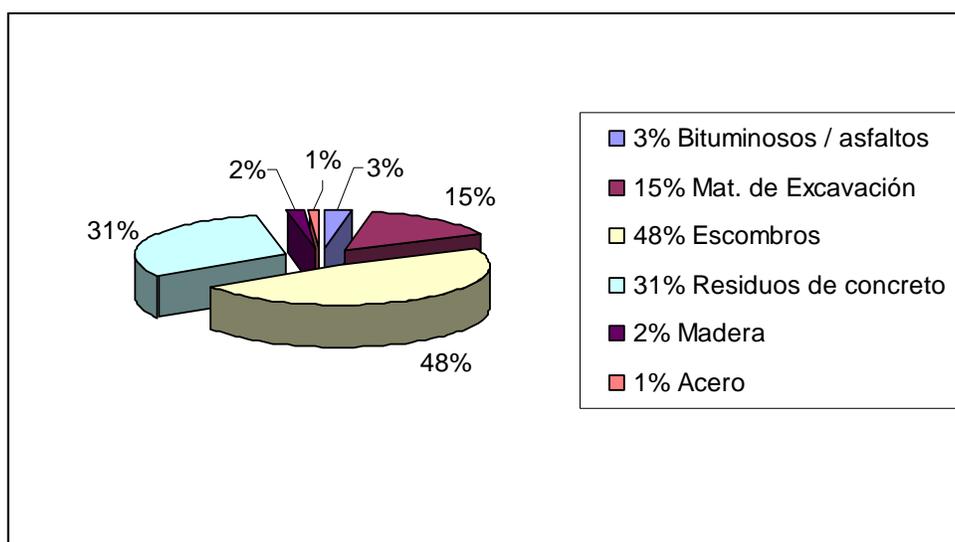


Figura No. 1.4 Composición de los RCD en la zona del Chaco, Argentina (2000).

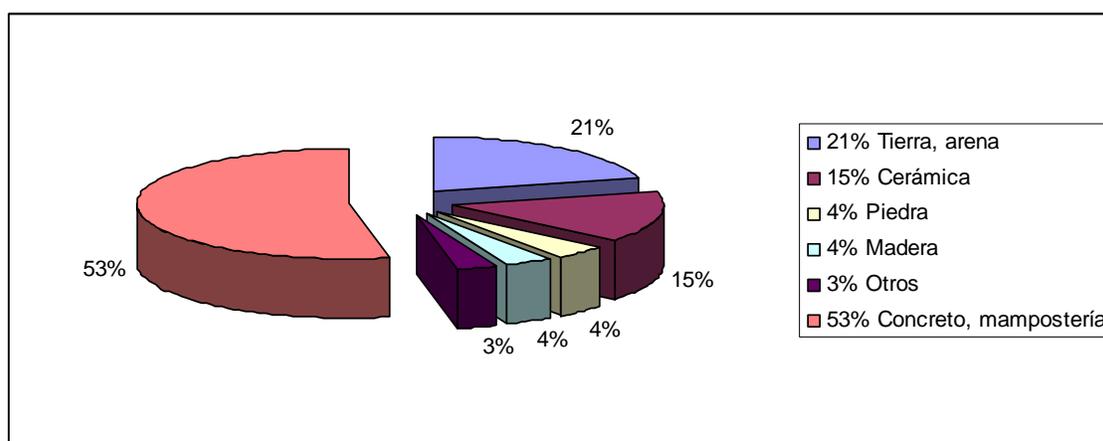


Figura No. 1.5 Composición de los RCD en la localidad de Salvador, Brasil (Carneiro et al, 2000).

En Chile, en la región metropolitana de Santiago, se estima que actualmente se generan aproximadamente 5 millones de toneladas de residuos de la construcción, en muchos casos la disposición de estos residuos se hace en vertederos ilegales y microbasurales. Alrededor del 60% de los residuos inertes depositados en vertederos ilegales corresponden a residuos de la construcción. De acuerdo con datos de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) del gobierno de Chile, la composición de los residuos de la construcción es la que se muestra en la figura No. 1.6.

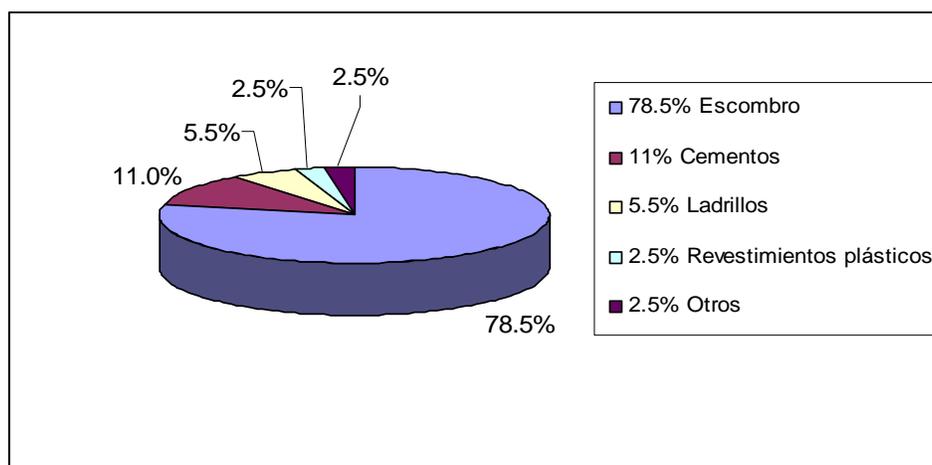


Figura No. 1.6 Composición de los RCD en la región metropolitana de Santiago, Chile (CONAMA, 2007).

#### 1.2.4 Europa

En los países que conforman la Unión Europea se estima que en cuanto a la distribución por áreas de la construcción, los residuos proceden en un 70 % de la edificación, 20 % de edificios industriales y 10 % de obra pública. En la figura No. 1.7 se muestra la distribución típica de los materiales que constituyen una edificación en Europa, sin considerar material producto de excavación así como los asfaltos. En la tabla No. 1.2 se presenta la generación de RCD en algunos de los países de la UE.

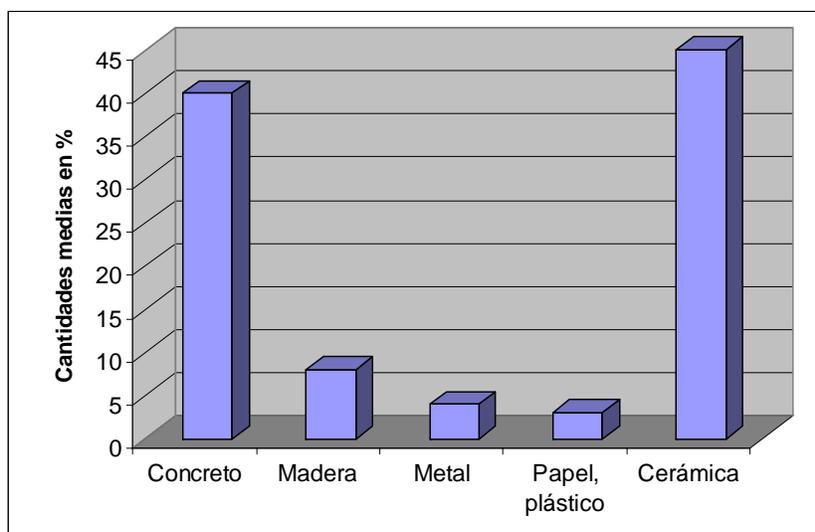


Figura No. 1.7 Composición de los residuos de la construcción en la UE (European Demolition Association, 2005).

PAÍS	AÑO 1990 (Millones de Ton)			AÑO 2000 (Millones de Ton)		
	Demolición	Construcción	Total	Demolición	Construcción	Total
Bélgica	7.5	1.6	9.1	8.1	1.4	9.5
Dinamarca	2.7	1.6	4.3	3.2	1.4	4.6
Francia	23.0	2.0	25.0	26.0	2.0	28.0
Alemania	55.0	10.0	65.0	60.0	14.0	74.0
Irlanda	2.0	0.5	2.5	2.6	0.7	3.3
Italia	7.5	0.8	8.3	13.0	1.1	14.1
Holanda	10.1	3.7	13.8	11.7	3.7	15.4
España	5.4	1.8	7.2	5.4	1.8	7.2
Inglaterra	35.0	10.0	45.0	45.0	15.0	60.0
TOTAL	148.2	32.0	180.2	175.0	41.1	216.1

Tabla No. 1.2 Generación de residuos de la construcción en la UE (European Demolition Association, 2005).

España ha demostrado ser uno de los países europeos con mayor interés en el manejo adecuado de los residuos sólidos municipales, por lo que en los últimos diez años se han realizado diversos estudios por parte del gobierno español para la planeación y el manejo controlado de los desperdicios, de los cuales los residuos de la construcción y de demolición, han sido incluidos dentro del "Plan Nacional Integral de Residuos (PNIR 2007-2015)", en el cual se establece el

"Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (II PNRC), con el que se han obtenido datos relevantes sobre la generación, el manejo y disposición de este tipos de residuos en España. Se estima que de acuerdo con el tipo de construcción la generación de RCD por m<sup>2</sup> de edificación en España es la que se muestra en el cuadro 1.1.

Tipo de construcción	RCD producido por m <sup>2</sup> de edificación
Obras de edificios nuevos	120.0 kg/m <sup>2</sup> construido
Obras de rehabilitación	338.7 kg/m <sup>2</sup> rehabilitado
Obras de demolición total	1,129.0 kg/m <sup>2</sup> demolido
Obras de demolición parcial	903.2 kg/m <sup>2</sup> demolido

Cuadro 1.1 Generación de residuos de la construcción y demolición en cada tipo de obra (II PNRC).

Para la determinación de los residuos procedentes de obra civil se ha partido del supuesto, según el Informe Euroconstruct de junio de 2006, de que la contribución de la ingeniería civil a los mercados de la construcción en España se puede estimar en un 28% y, del total de RCD producidos se establece que aproximadamente el 27% procederá de la Obra Civil. En la siguiente tabla se muestra la generación de RCD según el tipo de edificación y obra civil durante un periodo de 5 años, del 2001 al 2005 en España.

Tipo de obra	2001	2002	2003	2004	2005
<b>Edificación:</b>					
- obra nueva	10,270,920	10,274,640	11,649,720	13,139,640	14,149,080
- rehabilitación	914,490	865,040	1,006,278	1,010,342	909,748
- demolición total	4,493,420	4,399,713	5,444,038	6,446,590	7,860,098
- demolición parcial	1,147,064	1,122,678	1,231,965	1,360,219	1,297,898
- obras sin licencia	841,295	833,104	966,600	1,097,840	1,210,841
<b>Obra civil</b>	6,543,403	6,479,649	7,518,000	8,538,752	9,417,654
<b>Total RCD generados</b>	<b>24,210,592</b>	<b>23,974,824</b>	<b>27,816,601</b>	<b>31,593,383</b>	<b>34,845,319</b>

Tabla No. 1.3 Generación de residuos de la construcción y demolición en España (ton), según tipo de edificación y obra civil (Euroconstruct, 2006).

De acuerdo con lo anterior se puede establecer que la generación de RCD en España ha crecido en los cinco años analizados a un ritmo medio del 8.7% anual.

### 1.2.5 Australia

En Australia, se realizó un estudio por parte del Department of Environment and Climate Change NSW, para el área metropolitana de Sydney, donde se obtuvieron datos sobre la composición de los residuos de la construcción y demolición, este estudio se llevo a cabo por un periodo de 5 años, finalizando en el año 2005, los datos obtenidos sobre los principales componentes de los RCD se presentan en la figura No. 1.8.

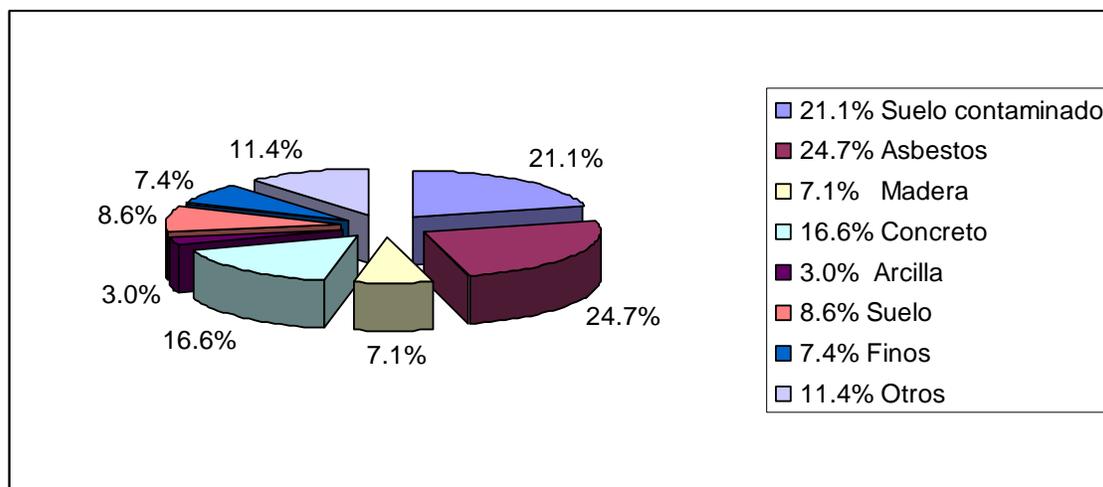


Figura No. 1.8 Composición de los RCD en el área metropolitana de Sydney, Australia (Department of Environment and Climate Change NSW, 2005).

### 1.3. Normatividad para el manejo de los residuos de la construcción y de demolición

Una de las etapas esenciales para el control y el manejo de una manera integral de los residuos, es la implementación de leyes y normas que establezcan los lineamientos y las condiciones necesarias con las cuales se busquen las alternativas de solución, esto mediante la elaboración de estudios en donde se realicen los diagnósticos pertinentes por parte de las autoridades encargadas del manejo de los residuos, identificando los problemas y dándoles solución de forma eficiente.

### **1.3.1. Normatividad en México**

En México con la entrada en vigor de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), publicada en 2003, se definen las competencias de las instancias de gobierno municipal, estatal y federal, asimismo, en ella se definen tres tipos de residuos; residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos. En esta ley se dispone que las entidades, ejercerán sus atribuciones en materia de prevención de la generación, aprovechamiento y gestión integral de los residuos.

Los residuos de manejo especial son considerados por la LGPGIR, como aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos. Se indica que todo gran generador es toda persona física o moral que genere una cantidad igual o superior a 27.3 Kilogramos/día o su equivalente a 10 toneladas de residuos al año.

#### **1.3.1.1. Normativa Ambiental para el Distrito Federal**

La Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal clasifica a los residuos de la construcción como uno de los residuos que deben ser manejados de manera especial dentro de la Ciudad de México, tanto por la cantidad de material involucrado y su impacto en el ambiente debido a una disposición inadecuada, como por su potencial de reuso y reciclaje. Esto se encuentra definido en la norma ambiental para el Distrito Federal NADF-007-RNAT-2004, en la que se establece la clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción en el Distrito Federal.

En esta norma se establece que el generador de residuos de la construcción y los distintos prestadores de servicios que intervengan hasta la disposición final de dichos residuos, serán responsables solidarios de su adecuado manejo cumpliendo con la normatividad vigente, de acuerdo a sus actividades y obligaciones contraídas.

De acuerdo con esta norma, los generadores de residuos de la construcción se clasifican como se muestra en el cuadro No. 1.2.

<b>Categoría</b>	<b>Requerimientos</b>
Mayor o igual a 7 m <sup>3</sup>	Presentación del plan de manejo de residuos de acuerdo a lo establecido por las disposiciones jurídicas aplicables
Menor de 7 m <sup>3</sup>	- Recolección mediante la contratación de un prestador de servicios (transportista) o la Delegación correspondiente.  - Sin presentación de plan de manejo de residuos

Cuadro No. 1.2 Categoría y requerimientos ambientales de los generadores de residuos de la construcción de acuerdo a su generación (Norma NADF-007-RNAT-2004).

### **1.3.1.2. Clasificación de los residuos de la construcción (Norma NADF-007-RNAT-2004).**

Los residuos de la construcción están constituidos generalmente por un conjunto de fragmentos o restos de materiales producto de demolición, desmantelamiento, excavación, tales como tabiques, piedras, tierra, concreto, morteros, madera, alambre, resina, plásticos, yeso, cal, cerámica, tejados, pisos y varillas, entre otros, cuya composición puede variar ampliamente dependiendo del tipo de proyecto, la obra y etapa de construcción.

De acuerdo con esta norma, para incrementar el aprovechamiento de estos materiales, los residuos de la construcción se deben clasificar en las fracciones indicadas en el cuadro No. 1.3.

### **1.3.1.3. Especificaciones técnicas para el manejo de los residuos de la construcción**

Los generadores de residuos de la construcción de volúmenes mayores o iguales a 7 m<sup>3</sup> y los prestadores de servicios además de cumplir con la presentación del plan de manejo de residuos y demás ordenamientos legales aplicables en la materia, deben observar las disposiciones indicadas en las siguientes fases del manejo:

#### **A) Separación en la fuente de los residuos de la construcción.**

En las áreas de generación de residuos de la construcción, estos se deben separar en la clasificación A, B y C establecida en el cuadro No. 1.3 de la norma

ambiental. En el caso de generar residuos peligrosos o suelo contaminado se debe realizar su manejo y tratamiento conforme a la legislación aplicable.

<b>A. Residuos potencialmente reciclables para la obtención de agregados y material de relleno</b>	
1.	Prefabricados de mortero o concreto (blocks, tabicones, adoquines, tubos, etc.).
2.	Concreto simple.
3.	Concreto armado.
4.	Cerámicos.
5.	Concretos asfálticos.
6.	Concreto asfáltico producto del fresado.
7.	Productos de mampostería.
8.	Tepetatosos.
9.	Prefabricados de arcilla recocida (tabiques, ladrillos, Blocks, etc).
10.	Blocks.
11.	Mortero.
<b>B. Residuos de excavación</b>	
1.	Suelo orgánico.
2.	Suelos no contaminados y materiales arcillosos, granulares y pétreos naturales contenidos en ellos.
3.	Otros materiales minerales no contaminados y no peligrosos contenidos en el suelo.
<b>C. Residuos sólidos</b>	
1.	Cartón.
2.	Madera.
3.	Metales.
4.	Papel.
5.	Plástico.
6.	Residuos de podas, tala y jardinería.
7.	Paneles de yeso.
8.	Vidrio.
9.	Otros.

Cuadro No. 1.3 Clasificación de los residuos de la construcción (Norma NADF-007-RNAT-2004).

**B) Almacenamiento de los residuos de la construcción.**

El almacenamiento de residuos de construcción dentro del predio del proyecto únicamente debe ser temporal, se debe minimizar la dispersión de polvos y emisión de partículas con el uso de agua tratada en las áreas de mayor movimiento y debe retirarse los residuos en el plazo que establezcan las disposiciones jurídicas correspondientes.

**C) Recolección y transporte de los residuos de la construcción.**

La recolección y transporte de los residuos de la construcción referidos en esta norma ambiental debe realizarse conforme a lo dispuesto en la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal, el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y el Reglamento de Transito para el Distrito Federal y demás ordenamientos jurídicos aplicables además de cumplir con lo siguiente:

- a. Durante la recolección y transporte de los residuos de la construcción se debe respetar la separación de estos residuos realizada desde la fuente por el generador conforme a lo establecido en el cuadro No. 1.3 y evitar mezclarlos con otro tipo de residuos.
- b. El prestador del servicio del transporte debe circular en todo momento, con los aditamentos necesarios que garanticen la cobertura total de la carga para evitar la dispersión de polvos y partículas, así como la fuga o derrame de residuos líquidos durante su traslado a sitios de disposición autorizados.

**D) Aprovechamiento de los residuos de la construcción.**

Para el aprovechamiento de los residuos de la construcción clasificados en la sección **A** del cuadro No. 1.3, los generadores de residuos de la construcción que requieren presentar evaluación de impacto ambiental, aviso de demolición o informe preventivo, deben enviar a reciclaje por lo menos un 30% de estos residuos de la construcción durante el primer año de aplicación de la norma ambiental, incrementándose dicho porcentaje en un 15 % anual hasta llegar al 100 % como óptimo.

Para el aprovechamiento de los residuos de la construcción clasificados en la sección **B** del cuadro No. 1.3, los generadores de residuos de la

construcción que requieren presentar evaluación de impacto ambiental, aviso de demolición o informe preventivo deben reusar directamente en el sitio de generación al menos el 10% de los residuos generados, salvo que el interesado demuestre mediante estudios y pruebas en laboratorios acreditados un porcentaje diferente que garantice las especificaciones técnicas del proyecto, así como del correspondiente estudio costo-beneficio; debiendo indicar en el plan de manejo de residuos el reuso que se les dará a dichos residuos.

Para los residuos identificados como residuos sólidos en la sección **C** del cuadro No. 1.3, el generador debe buscar su valorización preferentemente. Los residuos de la construcción clasificados en las secciones **A** y **B** del cuadro No. 1.3, pueden ser reutilizados por el generador en el sitio de generación o en otros sitios de aprovechamiento, debiendo indicarlo en el plan de manejo de residuos.

En las siguientes obras se debe sustituir al menos un 25% de los materiales vírgenes por materiales reciclados, siempre y cuando éstos materiales cumplan con las especificaciones técnicas del proyecto, el costo sea el más conveniente para el interesado o que demuestre mediante estudios y pruebas en laboratorios acreditados un porcentaje diferente que garantice las especificaciones técnicas del proyecto, así como del correspondiente estudio costo-beneficio:

- Sub-base en caminos.
- Sub-base en estacionamientos.
- Carpetas asfálticas para vialidades secundarias.
- Construcción de terraplenes.
- Relleno sanitario.
- Construcción de andadores o ciclistas.
- Construcción de lechos para tubería.
- Construcción de bases de guarniciones y banquetas.
- Rellenos y pedraplenes.
- Bases hidráulicas.

En caso de presentarse otros usos de los materiales reciclados producto del tratamiento de los residuos de la construcción, éstos deben sustentarse y demostrar su uso con análisis o pruebas correspondientes.

### E) Disposición final de los residuos de la construcción.

- a). Aquellos residuos de la construcción clasificados en la sección **A** del cuadro No. 1.3 que no se envíen a reciclaje, deben enviarse a sitios de disposición final autorizados.
- b). Los residuos de la construcción clasificados en la sección **B** del cuadro No. 1.3 que no sea posible su reuso deben enviarse a sitios de disposición final autorizados.
- c). Los residuos sólidos identificados en la sección **C** del cuadro No. 1.3 que no puedan ser valorizados o comercializados deben ser enviados a disposición final en los sitios autorizados.
- d). En el caso de que se generen residuos peligrosos o suelo contaminado, se deben disponer o confinar conforme a la legislación aplicable.

#### 1.3.1.4. Normativa Ambiental del Estado de México

Una de las pocas entidades en el país en las que se cuenta con una norma ambiental para regular el manejo de los residuos de la construcción y demolición es el caso del Estado de México, en donde mediante la elaboración de un diagnóstico por parte de la Secretaria del Medio Ambiente, primeramente se identificaron las facultades mismas de la SEMAGEM, posteriormente y con los problemas identificados en el diagnóstico de los RCD, así como sus recomendaciones, se elaboró la Norma Técnica Ambiental Estatal del Estado de México para el Manejo de los Residuos de la Construcción (NTAERC).

Actividad	Tipo de residuos
Demolición	Concreto armado, Concreto asfáltico, Mampostería, Ladrillo, Yeso, Tejas, Adobe, Hormigón, Cerámicos
Excavación	Tierras, Rocas, Materiales arcillosos, Lodos de excavación
Construcción, mantenimiento y remodelación	Prefabricados arcillosos (tabique, ladrillo, block), Concreto Mortero, Yeso, Cal, Mampostería, Cerámicos
Residuos sólidos urbanos	Vidrio, Cartón, Plástico, Metales (fierro, hierro, aluminio), Papel, Madera, Poda y derribo de arboles, alimentos

Cuadro No. 1.4 Clasificación de los residuos de la construcción de acuerdo a la actividad (SMAGEM, 2008)

El objetivo principal de la norma NTAE-RC es establecer la clasificación y el manejo ambiental de los RC para controlar su manejo adecuado y que su aplicación sea obligatoria en todo el territorio del Estado de México. Con la creación de esta norma NTAE-RC los residuos de la construcción quedan clasificados como se muestra en el cuadro No. 1.4.

Previo a la elaboración de esta norma en el Estado de México se tenían regulados algunos aspectos relacionados con el manejo de los RC, sin embargo se carecía de una normatividad específica que regulara esta actividad. Por lo que una de las principales razones por la que se elaboró esta norma es debido a que se intenta solucionar la problemática que las autoridades municipales enfrentan del tiro clandestino principalmente en barrancas, ríos, zonas de reserva, lotes baldíos, carreteras, caminos, camellones, minas explotadas, vía pública, entre otros. Durante esta actividad los RC son mezclados con diversos residuos, y por otro lado los altos costos que implican la limpieza y acarreo de estos residuos carecen de instrumentos normativos en materia de manejo de RC.

### **1.3.2. Normatividad en otros países**

La experiencia de algunos países respecto a la normatividad para el control y el manejo adecuado de los residuos de la construcción y demolición ha demostrado que mediante la creación y establecimiento de normas se han podido establecer los lineamientos pertinentes para dar solución y encontrar alternativas para el reaprovechamiento de los residuos en este caso de la construcción.

Algunos países como Alemania, España, Estados Unidos, Holanda y Australia, entre otros, han buscado en la reutilización de los residuos de la construcción una alternativa para contrarrestar el efecto negativo que generan los grandes volúmenes de este tipo de residuos y tratar de reutilizarlos, esto con el propósito de que no sean desechados y depositados simplemente en rellenos sanitarios o sitios sin control. Por lo que se puede afirmar que uno de los primeros pasos para el manejo adecuado y eficiente de los residuos de la construcción, es la implementación de leyes y normas en las que se establezcan las condiciones y actividades necesarias que deberán llevar a cabo los principales responsables y los involucrados de la generación de residuos de la

construcción y de la demolición, que en este caso son las empresas constructoras y las autoridades encargadas de la supervisión de las mismas.

### **1.3.2.1. Alemania**

Uno de los países pioneros en la reutilización de los residuos de la construcción es el caso de Alemania. En el año de 1995 se establecieron en este país los "Requisitos técnicos para el reciclado de residuos minerales", en donde se establecen una serie de condiciones para la reutilización de residuos de construcción y demolición en la producción de productos reciclados.

Los agregados y los suelos reciclados se utilizan principalmente para la construcción de carreteras, además el uso de materiales reciclados en la construcción de carreteras está reglamentado a través de los términos de entrega de materiales reciclados, en general, los productos reciclados han de cumplir las mismas especificaciones que los de origen natural.

De forma general la normativa alemana permite el empleo de hasta un 5 % en peso de material reciclado sobre el total de agregados sin establecer restricciones adicionales al concreto. Para porcentajes mayores se establecen distintos usos en función del ambiente al que vaya a estar sometido el concreto.

### **1.3.2.2. España**

Actualmente en España se cuenta con el II Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición que forma parte del Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR), para el período 2007-2015. El objeto del II PNRCDD es establecer los objetivos de prevención, reutilización, reciclado, otras formas de valorización y eliminación de los RCD en España, las medidas para conseguir dichos objetivos, los medios de financiación y el procedimiento de revisión.

La legislación básica para los RCD está constituida por la Ley 10/1998 de residuos. Para los residuos peligrosos que puedan producirse en obras de construcción y demolición se aplica el régimen general de dichos residuos, constituido por la propia Ley 10/1998 y por el Real Decreto 952/1997, que modifica el Real Decreto 833/1988. Los objetivos que se plantean en el II PNRCDD son los siguientes:

- Reducir en origen la generación de RCD
- Gestionar correctamente todos los RP de los RCD
- Valorizar todo lo posible (reciclar, reutilizar)
- Aplicar el principio de jerarquía
- Crear red de infraestructuras necesarias
- Sistema estadístico
- Clausurar vertederos inadaptables
- Id. de canteras, etc.
- Adaptación de todos los vertederos al RD
- Recogida controlada y correcta gestión del 95% de los RCD a partir de 2011
- Reducción o reutilización del 15% de RCD en 2011
- Reciclaje del 40% de RCD, a partir de 2011
- Valorización del 70% de los residuos de envases de materiales de construcción a partir de 2010.

Por otra parte, la gestión de los RCD comprende el conjunto de actividades encaminadas a dar a estos residuos el destino más adecuado, de acuerdo con sus características, para proteger la salud humana, los recursos naturales y el medio ambiente. De acuerdo con el llamado principio de jerarquía, definido en el artículo 1.1 de la Ley 10/1998, de Residuos en España, es necesario:

- reducir la producción de residuos
- reutilizar lo que se pueda
- reciclar lo que no se pueda reutilizar
- seleccionar en origen los materiales reciclables o valorizables
- valorizar energéticamente todo lo que no se pueda reutilizar o reciclar
- depositar en vertedero controlado todos aquellos residuos que no tengan valor económico.

Para los RCD cuyo destino sea el vertedero, la normativa de aplicación es el Real Decreto 1481/2001, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. (Ministerio de Medio Ambiente, 2007).

En cuanto a las especificaciones técnicas que se refieren a la utilización de agregados reciclados en la construcción de capas de firmes de carreteras, se encuentran establecidas dentro de la normativa AENOR-CEN (Asociación Española de Normalización y Certificación), el Pliego de Prescripciones Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) y el Pliego de

Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Conservación de Carreteras, (AENOR, 2009).

### **1.3.2.3. Holanda**

Holanda es otro de los países que han encontrado una solución en la reutilización de residuos de la construcción, esto debido en gran parte a la escasez de fuentes para la obtención de materiales de origen natural. Holanda dispone de la norma NEN 5905:97, normativa que recoge la utilización de agregados reciclados y en la que se establecen los criterios de calidad para los agregados gruesos reciclados procedentes del concreto. Existen también recomendaciones sectoriales de calidad sobre agregados gruesos y agregados finos para concreto, además cuentan con una certificación de los productores de éstos materiales.

La normativa holandesa sobre la utilización de materiales reciclados permite su empleo en concretos en masa o armados, excluyendo su utilización en concretos pretensados. Para los agregados reciclados procedentes del concreto no se limita el porcentaje de agregados gruesos utilizados, mientras que para los provenientes de la mezcla de cerámicos y concreto, se permite una sustitución máxima de 20% del agregado grueso. Cabe señalar que desde 1997 hay una prohibición total de verter residuos de construcción y demolición.

### **1.3.2.4. Reino Unido**

En Inglaterra mediante La Agencia de Autopistas para el Departamento de Transporte (Highways Agency For The Department Of Transport), se cuenta con las "Especificaciones para trabajos de Autopistas" (Specification For Highway Works), que aplica tanto a materiales naturales como reciclados, y que determina el porcentaje máximo de material reciclado a utilizar. Por su parte el Instituto de Estandarización Británica (BSI) ha elaborado la norma BS 6543 "Guía para el uso de subproductos industriales y residuos en edificación e ingeniería civil".

También, la norma inglesa BS8500:02 "Especificación para componentes materiales y concreto" (Specification for constituent materials and concrete), establece la clasificación del agregado según su origen, distinguiendo así entre los procedentes del concreto y los procedentes de materiales cerámicos o la mezcla de ambos. En esta norma no se establece un contenido máximo de

material reciclado, aunque se prescribe que el producto obtenido a partir de una combinación de material natural y reciclado debe cumplir las especificaciones generales que se establecen para el agregado de origen natural, además de requisitos adicionales para el material reciclado.

#### **1.4. Conclusiones capitulares**

En los estudios revisados en el capítulo se puede observar que el concreto es uno de los residuos de la construcción que mayor porcentaje de desperdicio representa con respecto a otros materiales, lo cual tiende a suceder en la mayoría de los países señalados.

En los países de Sudamérica el porcentaje de los residuos de concreto alcanza en algunos casos hasta el 50% del total de los desperdicios, como es el caso de Brasil. Cabe señalar que existen variaciones en la composición de residuos en esta zona, lo cual se debe obviamente a diversos factores como pueden ser el tamaño de la población, tipo de industria de la localidad, condiciones económicas de la región, etc.

En los países europeos el porcentaje de desperdicio del concreto también coincide en ser uno de los materiales con mayor proporción, alcanzando valores de alrededor del 40%. En el caso de España, el cual es uno de los países con proyectos actuales para la reutilización de residuos de la construcción mediante la aplicación de productos como el concreto reciclado en obras de pavimentación, se tienen establecidos de manera muy aproximada los valores de producción de residuos de la construcción según el tipo de obra que lo genera, como pueden ser la demolición total o parcial de una edificación.

En otras regiones del mundo como en el caso del área metropolitana de Sydney en Australia, de acuerdo con el estudio realizado por el departamento de medio ambiente y cambio climático NSW, el desperdicio de concreto en esta región solo alcanza valores de alrededor del 17%, lo que se origina posiblemente a las diferencias en cuanto al tipo de materiales que se utilizan y a los procesos de construcción en la zona, lo cual se ve reflejado en la composición de los residuos de la construcción y de demolición en esa región.

Estados Unidos es uno de los países con mayor experiencia en la aplicación y el manejo de los residuos de la construcción en la reutilización y el reciclaje de nuevos productos. En uno de los estudios revisados en EUA el concreto representa alrededor del 33% de los materiales de desperdicio de demolición de edificaciones, lo cual enfatiza la importancia que representa el concreto como material para su reprocesamiento y su potencial para ser utilizado nuevamente en otro producto.

En el caso de México podemos señalar que de acuerdo al estudio realizado por Cruz et al., el concreto representa aproximadamente el 25% de los residuos de la construcción en el Distrito Federal y el área metropolitana, lo cual es una cifra importante si se toma en cuenta el potencial de reciclaje que tiene este material, por lo que es necesaria la elaboración de un sistema que permita el reaprovechamiento de este tipo de desperdicios, en lugar de ser desechados y perjudicar el medio ambiente de manera descontrolada, como desafortunadamente todavía se hace en la mayoría de las ciudades del país. La experiencia de los países que han implementado satisfactoriamente leyes y normas para el manejo de los residuos de la construcción, puede servir como ejemplo para encontrar las alternativas y dar solución a este problema, siempre que se consideren las condiciones locales de cada entidad en nuestro país.

## CAPÍTULO 2

### **REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS DE CONCRETO**

La reutilización de los desperdicios de material producto de la demolición de estructuras tuvo sus primeras aplicaciones al terminar la segunda guerra mundial en Alemania, debido a la cantidad masiva de material que se generó en esta zona, el material fue reutilizado para la reconstrucción de diversos tipos de estructuras, sin embargo el reciclaje solo fue por un periodo relativamente corto, por lo que los programas de reciclaje fueron abandonados poco tiempo después de la reconstrucción.



A mediados de la década de los setentas, algunos países como Francia, Alemania y Estados Unidos, retomaron algunas de las técnicas ya conocidas y comenzaron a desarrollar otras nuevas, las principales aplicaciones fueron la reconstrucción de carreteras, reutilizando los materiales reciclados de la demolición de pavimentos de concreto y otras estructuras. Se puede decir que fue en esta etapa en la que el interés por la reutilización de materiales realmente comenzó a tomar mayor importancia. Por lo que desde entonces han sido varios los estudios y aplicaciones que algunos países han realizado para el desarrollo de la tecnología en este caso de la construcción.

En el presente capítulo se presenta una descripción de los sistemas que se pueden utilizar en particular para el reaprovechamiento de los residuos de

demolición de pavimentos de concreto, de manera que se reutilicen ya sea mediante un proceso de reciclaje y posteriormente se apliquen en la construcción de la estructura del pavimento, o bien utilizando una técnica de pulverización y trituración del concreto conocida como rubblizing, en la cual se mantiene el concreto existente en la estructura, transformando al material en una base de muy buena calidad, la cual es una de las técnicas más novedosas en los últimos años en lo que respecta al proceso de reconstrucción de pavimentos de concreto.

### **2.1. Reciclaje de pavimentos de concreto y sus aplicaciones**

El reciclaje de pavimentos de concreto ha sido llevado a cabo desde la década de los setentas, siendo Estados Unidos uno de los países con mayor experiencia. Sin embargo, todavía son pocos los países que han aplicado este proceso, esto debido a diversos factores como son, el tipo de infraestructura existente en cada país, condiciones económicas, la normatividad, el avance tecnológico, aspectos ambientales, entre otros.

Los principales factores que han impulsado de manera directa el reciclaje de pavimentos como en el caso de los Estados Unidos, han sido por una parte, la escasez de agregados naturales en algunas regiones, o en las zonas donde existen fuentes de material estas son inaccesibles o en su caso resultan demasiado costosas para su extracción. Por otra parte las distancia para la disposición de los residuos y los constantes incrementos en los costos para la disposición de estos en los rellenos sanitarios también son factores que han contribuido a que el reciclaje sea una alternativa bastante atractiva en diferentes regiones del país. Estas han sido algunas de las principales razones por las que las agencias federales y estatales han impulsado el reciclaje de pavimentos de concreto.

Una de las aplicaciones al reciclar un pavimento de concreto es la producción de agregados reciclados, estos pueden ser utilizados en diversos proyectos dentro de la construcción, incluyendo: la producción de concreto hidráulico, la producción de concreto asfáltico, la aplicación en bases y sub-bases granulares en la construcción de pavimentos, y como drenante o filtro en sistemas de subdrenaje, entre otros. Dentro de las ventajas que se pueden obtener mediante esta alternativa, es la calidad que se tiene de los agregados

reciclados, ya que el material es homogéneo, se puede reciclar con cantidades muy pequeñas de contaminantes, además de que representa una fuente importante y aprovechable de material para su aplicación en la rehabilitación de pavimentos e incluso para otro tipo de estructuras.

Otra de las opciones actuales para el reciclaje de pavimentos es la posibilidad de transformar la losa de un pavimento de concreto en una capa de material de base granular sobre la cual se puede construir una nueva superficie de rodamiento asfáltico, lo cual es posible gracias al desarrollo y mejoramiento de nuevas técnicas y equipos que permiten la trituración del concreto para su reutilización sin la necesidad de remover el material del sitio, lo cual puede representar ventajas importantes en cuanto al tiempo y costo en la rehabilitación de pavimentos, evitando también el desperdicio del material, costos de transporte y de disposición final, y naturalmente aspectos de contaminación ambiental.

## **2.2. Reciclaje de pavimentos de concreto mediante técnicas tradicionales de demolición y la producción de agregados reciclados.**

Uno de los procedimientos utilizados para el reciclaje de pavimentos de concreto ha sido mediante la demolición con técnicas tradicionales, retiro y trituración del concreto para la producción de agregados reciclados, los cuales se pueden reutilizar en la rehabilitación de la estructura del mismo pavimento. En este caso el principal objetivo que se busca al reciclar un pavimento de concreto, es producir la mayor cantidad posible de agregados gruesos, ya que estos tienen un valor y una aplicación mayor que los finos, debido a las propiedades mismas de los agregados reciclados.

Por otra parte, cuando se pretende la reconstrucción de un pavimento de concreto mediante una estrategia de rehabilitación, el reciclaje del pavimento y la producción de los agregados reciclados, se debe hacer mediante el análisis basado en factores como lo son; los costos y la disponibilidad de agregados cercanos al sitio, conveniencia de la utilización de los agregados reciclados en el proyecto, costos de disposición del material de desperdicio y consideraciones de impacto ambiental.

Algunos departamentos de carreteras en los Estados Unidos han desarrollado sus propias especificaciones para concreto con agregados reciclados en pavimentos, por ejemplo el Departamento de Transporte de Iowa (IDOT) especifica lo siguiente:

- a) El pavimento existente debe ser totalmente evaluado por el organismo de contratación para su demolición y uso como agregado.
- b) Donde exista concreto asfáltico en la superficie de rodamiento, este deberá ser removido antes de quitar el concreto hidráulico. Sin embargo, se consideran aceptables áreas aisladas de concreto asfáltico que tengan hasta 1 pulgada de espesor.
- c) Durante la remoción de pavimento de concreto existente, se debe de tener especial cuidado para evitar la contaminación del concreto con el material de la capa inferior.
- d) El equipo de procesamiento deberá contener un sistema para controlar la producción de finos, con objeto de que el material que pasa la malla No. 200 no exceda el 5 % del producto total.
- e) En el caso de que exista la remoción de acero de refuerzo del pavimento, este será responsabilidad del contratista para su disposición fuera del proyecto.
- f) El concreto triturado puede ser apropiado para su uso sin la adición de agregados finos naturales; sin embargo, para aumentar la trabajabilidad se puede adicionar agregado fino natural aproximadamente en un 25 %.

Para el proceso del reciclaje de un pavimento de concreto donde se pretende reaprovechar el concreto para la producción de agregados reciclados, se pueden establecer las siguientes etapas principales, las cuales son:

- Preparación de la superficie (limpieza)
- Rompimiento y remoción del pavimento
- Separación del acero
- Trituración del concreto

### **2.2.1. Preparación de la superficie**

La preparación de la superficie es el primer paso para el reciclaje del pavimento, para la limpieza de la superficie de inicio se requiere remover el sellador existente en las juntas, secciones existentes de bacheo con asfalto, o

en el caso de tener una sobre carpeta de concreto asfáltico esta tendrá que ser removida totalmente, así como cualquier otro material que pudiera contaminar el concreto para la producción de los agregados reciclados. También es importante remover los hombros de la sección del pavimento ya que al quitar el soporte lateral de las losas de concreto, facilitará el rompimiento y el retiro del pavimento de concreto.



Figura 2.1 Pavimento de concreto, con secciones de bacheo de concreto asfáltico (ICPC).

### 2.2.2. Rompimiento y remoción del pavimento

El rompimiento del pavimento es necesario para reducir el tamaño de los bloques de concreto y poderlos manejar más fácilmente. Normalmente existen dos tipos de máquinas rompedoras que son utilizadas para el fracturamiento de losas de concreto, que se clasifican en rompedoras de impacto y de resonancia. Un ejemplo de la aplicación de este proceso es el equipo que se utilizó en los primeros proyectos en Iowa, en donde el pavimento era fracturado mediante un martillo hidráulico montado en la parte trasera de un tractor (backhoe/loader), como el que se muestra en la figura 2.2.

Con el martillo se hacían agujeros en el pavimento existente aproximadamente a cada 60 o 90 cm, con esto se creaban puntos débiles en las losas de concreto, así las secciones de concreto se podían fracturar más fácilmente.



Figura 2.2 Martillo hidráulico montado en la parte trasera de un tractor (backhoe/loader).

Uno de los equipos que actualmente todavía es muy utilizado para el rompimiento de losas de concreto dentro de las técnicas tradicionales de demolición en pavimentos, es una retroexcavadora montada sobre orugas con la utilización de un martillo hidráulico como el que se muestra en la figura 2.3, con el cual se logra romper el concreto en bloques de tamaños reducidos.



Figura 2.3 Técnica tradicional de rompimiento de una losa de concreto en un pavimento, utilizando retroexcavadora con martillo hidráulico (ACPA).

Una de las ventajas de este tipo de maquinaria es su disponibilidad en el medio de la construcción para su utilización en trabajos de este tipo. Cabe señalar que aunque el proceso es efectivo tiene la desventaja de ser relativamente lento para el proceso de demolición, esto si se compara con los rendimientos de otras técnicas de demolición.

Después del rompimiento de las losas de concreto del pavimento, los bloques de concreto con secciones variables de aproximadamente 60 x 60 cm y 90 x 90 cm, se cargan con retroexcavadora a camiones para ser transportados hacia la planta de trituración para el procesamiento final del concreto. En la figura 2.4, se observa el concreto fracturado para su remoción en una vialidad urbana.

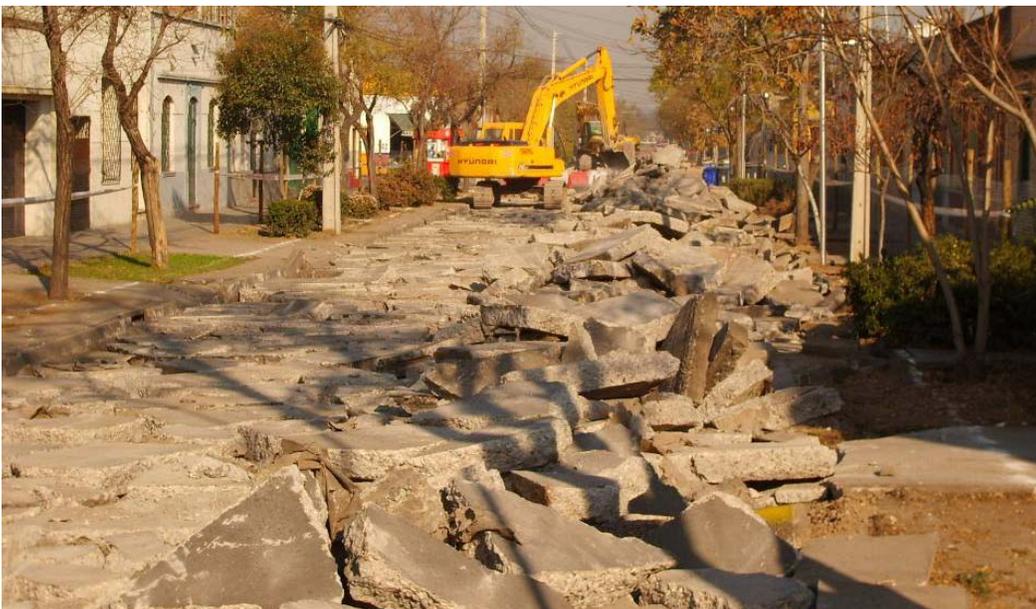


Figura 2.4 Losa de concreto fracturada en un pavimento sin acero de refuerzo, (ACPA).

### 2.2.3. Separación del acero de refuerzo en pavimentos

Para cualquier estructura de concreto reforzado, la separación del acero es una de las actividades que mayor preocupación han causado para el reciclaje del concreto, sin embargo, se ha demostrado que en realidad es un proceso que se puede llevar a cabo mediante la utilización de algunos equipos sin mayores problemas. En lo que concierne a los pavimentos que contienen concreto

reforzado, la separación del acero se realiza durante varias etapas del proceso de reciclaje, para remover las varillas de acero, se puede utilizar una máquina retroexcavadora con cuerno de rinoceronte (rhino horn) figura 2.5 a, con el que se engancha el acero para removerlo y liberarlo del concreto.

El acero que queda en los fragmentos de concreto es removido durante el proceso de trituración en la planta de reciclaje, esto se logra mediante una banda electromagnética que se ubica entre la trituradora primaria y la secundaria, la cual separa el acero y lo desecha a través de una banda transportadora, en la figura 2.5 b, se muestra la acumulación del acero al termino del proceso de separación a través de una banda electromagnética.



Figura 2.5 a) Retroexcavadora montada sobre orugas con cuerno de rinoceronte (rhino horn) para la remoción del acero de refuerzo,  
b) Banda electromagnética para la remoción del acero existente durante el proceso de trituración (ACPA, 1993).

### 2.2.4. Trituración y producción de agregados reciclados de concreto

Los agregados reciclados son producidos mediante el reprocesamiento de material de desperdicio proveniente de la construcción y de la demolición. Una de las proporciones más significativas de los residuos de la construcción y la demolición es el concreto hidráulico con el cual se pueden producir agregados reciclados de concreto o ARC. Para producir agregados reciclados de buena calidad, es muy importante que se separen los materiales inconvenientes (impurezas) de la materia prima para la producción del agregado, como por ejemplo, acero, madera, plástico u otros materiales que pudieran afectar las propiedades de los agregados.



Figura 2.6 Equipo de trituración a base de quijetas, montado sobre orugas (FINTEC crushing & screening ltd, 2009).

#### 2.2.4.1. Influencia del proceso de trituración

Las propiedades de los agregados reciclados son determinadas en gran parte por el proceso de trituración. De acuerdo con Fleischer y Ruby (1998), cuando se utilizan trituradoras de impacto, se tiene una reducción en el tamaño sin ejercer fuerzas sobre la forma de los agregados, en contraste con las trituradoras de mandíbula.

El proceso de trituración para el reciclaje del concreto es realizado por el mismo tipo de equipo con el que se procesan los agregados naturales. La mayoría de las plantas de reciclaje cuentan con una trituradora primaria y una secundaria, en este caso para la producción de agregados reciclados. En la figura 2.6 se presenta una trituradora semifija, para la producción de agregados reciclados.

Los tipos de trituradoras más empleadas son las de mandíbulas o quijadas, las de cono, y las trituradoras por impacto que pueden ser horizontales o verticales. La principal diferencia que existe entre las trituradoras es la forma en la que pulverizan el concreto. Generalmente se usa una trituradora primaria que reduce el material a tamaños de 3 a 4 pulgadas, posteriormente una cribadora vibratoria separa los agregados finos, y el material mayor a 3/8" pasa a una trituradora secundaria para ser procesado al tamaño del agregado que se desea obtener.

Cuando el tamaño del agregado es reducido por impacto, éste se rompe en su punto más débil, como por ejemplo en las fisuras existentes, con lo que se obtiene un agregado con mejores propiedades. La reducción por impacto produce granos que consisten predominantemente en roca pura. Mellman et al (1998), coinciden en que la forma de las partículas es afectada por el tipo de trituradora utilizada: partículas más redondas son producidas por trituradoras de impacto, mientras que las trituradoras de mandíbula tienden a producir partículas más angulares, especialmente en rango de tamaños más pequeños. Lo que explica porque es más difícil de trabajar con el concreto cuando se utilizan agregados reciclados finos.

De esta manera, finalmente se obtienen los agregados reciclados de concreto, los cuales pueden ser reaprovechados en la rehabilitación del mismo pavimento, como por ejemplo en la base o subbase, en secciones del sistema de subdrenaje, en la fabricación de concreto, e inclusive pueden ser utilizados en otro tipo de estructuras. En este caso el objetivo principal del reciclaje del concreto de pavimentos, es reutilizar al máximo el material de demolición para disminuir en gran medida su desperdicio, lo cual genera problemas para su disposición final y obviamente de contaminación ambiental.

### 2.2.4.2. Influencia del concreto viejo

Para la mayoría de los ingenieros, existe incertidumbre en lo que respecta a la calidad de los agregados reciclados, debido a que normalmente se desconoce el origen de estos además de que pueden provenir de diferentes fuentes. Se puede suponer que si el concreto viejo es débil los agregados reciclados también lo son. Sin embargo, algunos investigadores han determinado que las propiedades de los agregados reciclados dependen más del proceso de trituración que de la resistencia del concreto original.



a) Agregado natural

b) Agregado reciclado

Figura 2.6 a Comparación entre agregado natural y agregado reciclado.

Según Grubl (1998), entre más débil sea el concreto viejo, mayor será la porción de material fino. Durante el proceso de trituración, los ARC mayores a 4mm tienen muy poca pasta adherida, esto si el concreto es débil. De lo contrario, si los ARC provienen de un concreto más resistente, se tiene mayor cantidad de mortero debido a que éste tiene mayor resistencia.

### 2.2.4.3. Clasificación y propiedades de los agregados reciclados

La RILEM, the International Union of Testing and Research Laboratories, ha propuesto un sistema de clasificación para separar los materiales de desperdicio (RCD) para la producción de agregados reciclados, y tomando en cuenta un límite de impurezas para cada tipo de agregado, ver cuadro 2.1. Esta clasificación y las especificaciones también han sido incluidas en las especificaciones estándar europeas para agregados (CEN Technical Committee TC154 Aggregates). El control de impurezas durante el proceso de agregados reciclados es necesario para asegurar que los productos terminados, como el concreto, tengan una calidad y una durabilidad consistente.

<i>Especificación</i>		<i>Unidad</i>	<i>Tipo I</i>	<i>Tipo II</i>	<i>Tipo III</i>
Densidad de las partículas		kg/m <sup>3</sup>	≥ 1500	≥ 2000	≥ 2400
Absorción		%	≤ 20	≤ 10	≤ 3
Material	< 2200 kg/m <sup>3</sup>	%		≤ 10	≤ 10
Material	< 1800 kg/m <sup>3</sup>	%	≤ 10	≤ 1	≤ 1
Contenido de materiales (metal, vidrio, madera)		% en masa	≤ 5	≤ 1	≤ 1
Contenido de metal		%	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Contenido de material orgánico		%	≤ 1	≤ 0.5	≤ 0.5
Contenido de arena (< 4 mm)		%	≤ 5	≤ 5	≤ 5
Contenido de sulfato (SO <sub>3</sub> )		%	≤ 1	≤ 1	≤ 1

Cuadro 2.1 Clasificación de los agregados gruesos reciclados para concreto (RILEM, 1994).

De acuerdo con las especificaciones para concreto con agregados reciclados (RILEM), se diferencian tres tipos de agregados reciclados (> 4 mm):

Tipo I: Agregados derivados principalmente de demolición de mampostería

Tipo II: Agregados derivados de la demolición de concreto

Tipo III: Mezcla de agregados reciclados y agregados naturales

Los agregados reciclados del tipo III deben de componerse de al menos 80% de agregados naturales y más del 10% del tipo I.

De acuerdo con las características propias del proceso para la obtención de agregados reciclados de concreto, la principal diferencia que existe entre estos y los agregados naturales incide principalmente en la cantidad de pasta del cementante que permanece adherida en los agregados reciclados del concreto durante su producción, lo que obviamente afecta de manera directa las propiedades de los agregados reciclados. Normalmente entre mayor sea el volumen de pasta adherida a las partículas, mayor será su influencia en propiedades como la Absorción y la densidad de los mismos agregados.

En los agregados la absorción está directamente relacionada con la densidad de estos, por lo que a menor densidad la absorción de agua será mayor. En este sentido algunos investigadores han encontrado que en los primeros 10 minutos del proceso de absorción se presenta hasta el 90% de la absorción que se obtiene en 24 horas. También de acuerdo con pruebas realizadas por De Pauw et al (1996), se coincide en que entre más fino es el agregado, mayor es la absorción de estos, en el siguiente cuadro se muestran los resultados de estas pruebas:

Tamaño del agregado	Absorción	
	en 30 minutos	entre 30 min y las 24 horas
2-4 mm	92.40%	7.60%
4-7 mm	89.70%	10.30%
7-14 mm	89.50%	10.50%
14-20 mm	95.10%	4.90%

Cuadro 2.2 Absorción de agregados reciclados (De Pauw et al, 1996).

Por otra parte, el volumen del mortero adherido a los agregados generalmente aumenta con la disminución del tamaño de los agregados. Lo que es difícil de comprender ya que el mortero se desmorona y tiende a separarse durante el proceso de trituración, Fleischer y Ruby realizaron ensayos (ver figura 2.6 b), en donde los resultados muestran los porcentajes en que los agregados de mayor tamaño contienen menos mortero, mientras que los agregados finos tienden a mantener una cantidad mayor.

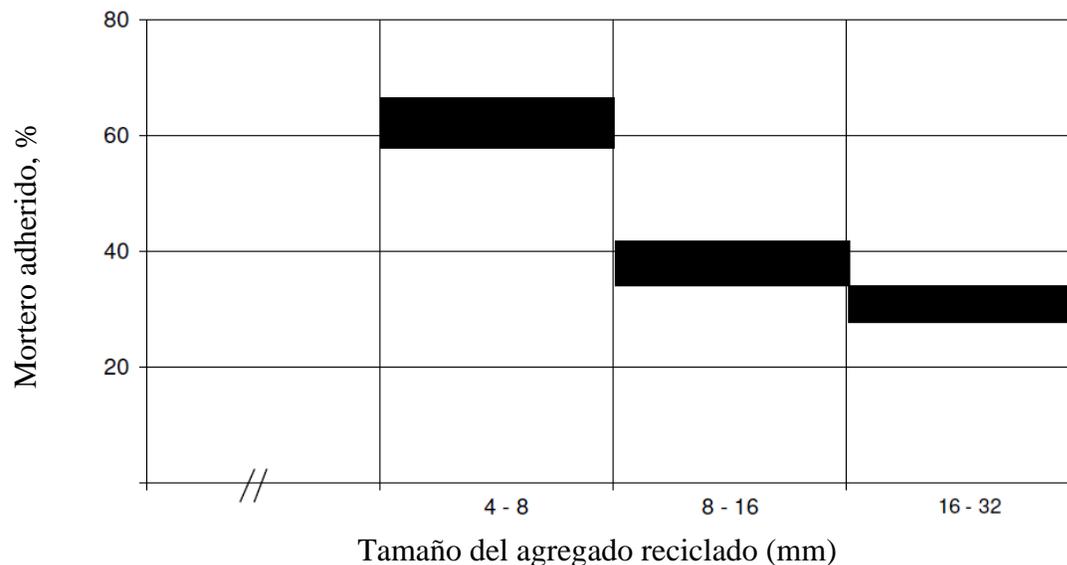


Figura 2.6 b) Porcentaje de Mortero adherido a los agregados reciclados con respecto a su tamaño (Fleischer y Ruby, 1998).

De acuerdo con Haase y Dahm (1998), la densidad de los agregados reciclados varía con el tamaño y también depende de la resistencia del concreto original. Por lo que se puede decir que entre mayor es el tamaño de las partículas de los agregados reciclados, mayor es su densidad. Además de que para el mismo tamaño de las partículas, en los agregados derivados de concretos pobres se obtiene una mayor densidad. Esto prueba el hecho de que el mortero en concretos de baja resistencia se desprende fácilmente durante el proceso de trituración, dejando así a los agregados con menor cantidad de mortero.

### **2.3. Reciclaje de pavimentos de concreto mediante el pulverizado y triturado "rubblizing".**

Dentro de las técnicas que emplean el concepto de reducir el tamaño de los bloques de concreto se encuentra la técnica de rubblizing (triturado/fracturado del firme de concreto), la cual funciona con un principio muy diferente a otros sistemas de rompimiento.

La técnica de rubblizing fue inventada en Estados Unidos y hasta el año 2009 se habían realizado proyectos de rehabilitación en más de 20 estados desde la década de los 80's. La técnica es recomendada por la National Asphalt Pavement Association (NAPA), el Asphalt Institute y el procedimiento de Diseño AASHTO 93. Esta técnica también es considerada como una técnica de reciclado en sitio del firme de concreto debido a que permite la reutilización integral del firme sin removerlo de su sitio. En este sentido ésta técnica se compara con las técnicas de reciclado en el lugar de carpetas asfálticas, en donde el pavimento es transformado en una base estructural de alta calidad para luego construir sobre esta una nueva capa de rodamiento (Thenoux et al., 2009).

#### **2.3.1. Descripción del sistema rubblizing**

La técnica de Rubblizing ha sido traducida como el pulverizado del firme de concreto pero, es más bien un efecto combinado de trituración y fracturación de la losa de concreto en todo su espesor para convertir esta en una base granular de alto módulo elástico. Esta técnica fractura la losa de concreto en trozos angulares y entrelazados, en el caso de un equipo rompedor resonante esto se realiza empleando una carga dinámica concentrada, de baja amplitud y alta frecuencia.

Desde los primeros equipos resonantes rompedores de pavimento desarrollados en la década de los 80's, se han tenido modificaciones y avances significativos con los que se han logrado aplicaciones de esta técnica de manera satisfactoria a pavimentos en aeropistas con espesores de hasta 60 cm, en la figura 2.7 se muestran los equipos más utilizados actualmente para el rubblizing de pavimentos de concreto. El respaldo electrónico permite a los equipos actuales variar la frecuencia de la resonancia y la amplitud (movimiento vertical) de la

placa rompedora durante el desplazamiento de la máquina a lo largo del pavimento. La velocidad de operación de la máquina depende principalmente del espesor de la losa de concreto, la resistencia del pavimento, y la relativa capacidad de soporte que se tiene de las capas inferiores como la base y subbase (Fitts, 2006).



a)



b)

Figura 2.7 a) Equipo rompedor resonante para pavimentos (RMI, Inc.),  
b) Equipo multi-head breaker BB (Antigo Construction Inc.).

La técnica del rubblizing aplica una energía concentrada de muy baja amplitud y alta frecuencia en el caso del equipo rompedor resonante, la cual genera una grieta puntual que luego se propaga en todo el espesor del firme de concreto. Esta técnica presenta innumerables ventajas ya que permite transformar el firme de concreto en una base granular de alto módulo elástico y, de este modo, crear una nueva capa sobre la cual se construye directamente una superficie de rodado de asfalto. Con esta técnica se logra optimizar el espesor de refuerzo de mezcla bituminosa sin el riesgo de reflejo de grietas (Thenoux et al., 2009).

### 2.3.2. Proceso constructivo del sistema rubblizing

El proceso del rubblizing consiste básicamente en tres etapas principales para el reciclaje de un pavimento de concreto de forma integral, las cuales son:

- Rubblizing (demolición del pavimento)
- Compactación
- Colocación de mezcla asfáltica

Para lo cual el Asphalt Institute sugiere la siguiente secuencia para los trabajos de rubblizing en pavimentos de concreto cuando se utiliza un equipo rompedor resonante o un equipo multi-head breaker (rompedor de cabezas múltiple):

- Remover carpeta asfáltica existente (en su caso)
- Instalar el sistema de drenaje 2 semanas antes del proceso de rubblizing (pulverizado) del pavimento
- Corte del pavimento en todo su espesor
- Pulverización del pavimento de concreto (rubblizing)
- Corte y remoción del acero de refuerzo (en su caso)
- Sondeos de prueba en el material triturado
- Remover y remplazar las áreas dañadas
- Compactación del material triturado
- Colocación de mezcla asfáltica

Trabajos previos:

a) Remoción de carpeta asfáltica



Figura 2.8 Proceso de fresado de una sobrecarpeta asfáltica (Antigo Construction Inc.).

Cuando se cuenta con una sobrecarpeta asfáltica sobre un pavimento de concreto previo a su rehabilitación, es necesaria la remoción del asfalto para

asegurar que el fracturamiento de la losa del pavimento de concreto se realice de forma consistente, de tal manera que la cabeza rompedora tenga contacto directo con la superficie de concreto. Lo anterior se puede realizar mediante el fresado de la carpeta asfáltica existente, procedimiento que también se aplica para el reciclaje de pavimentos asfálticos, en la figura 2.8 se muestra el proceso de fresado de una sobrecarpeta de asfalto.

#### b) Instalación del sistema de subdrenaje

Para los trabajos de drenaje la RMI sugiere que el subdrenaje debe ser instalado o reemplazado al menos una semana antes de la fracturación del pavimento, esto si las condiciones de drenaje existentes son bien drenadas y si se cuenta con una subbase de buena calidad.

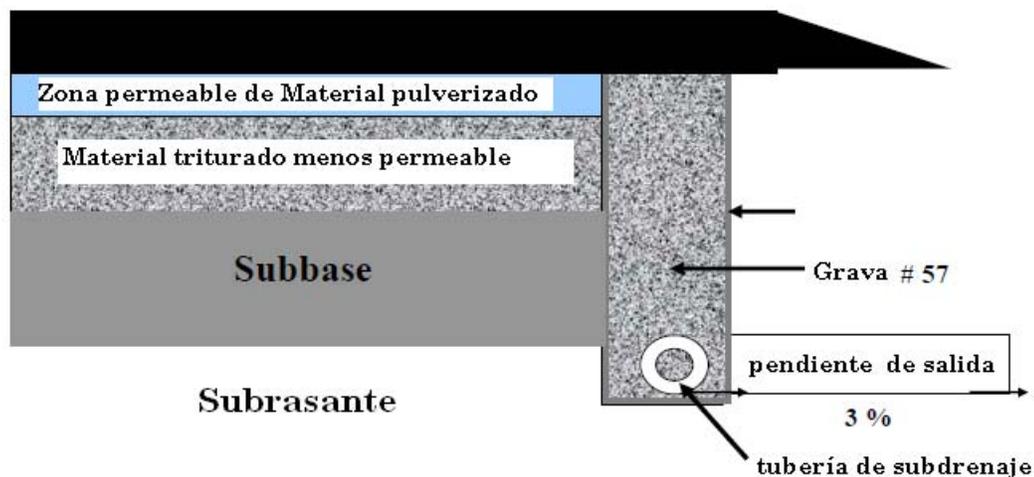


Figura 2.9 Esquema de un sistema típico de subdrenaje lateral en un pavimento de concreto triturado (Asphalt Institute, 2008).

Para el caso de los pavimentos en donde el drenaje se encuentra en la base o directamente en la subbase, se recomienda que los trabajos de adecuación del drenaje se realicen de 30 a 60 días previos a los trabajos de rubblizing. En la figura 2.9 se muestra el esquema de un sistema típico de subdrenaje en la rehabilitación de pavimentos de concreto por medio de la técnica de rubblizing.

Originalmente se pensaba que el concreto pulverizado utilizando equipo rompedor resonante, era relativamente permeable y que funcionaría como una capa de drenaje, sin embargo, aunque la parte superior del concreto pulverizado (aproximadamente 5 cm) es porosa, particularmente antes de ser compactado, el concreto fracturado no parece tener una alta permeabilidad desde el momento en el que el concreto pulverizado no ha sido expandido por el proceso de fracturamiento o por las pasadas de la rompedora de pavimento resonante (Fitts, 2006). En la figura 2.10 se observa el sistema de subdrenaje lateral colocado en la estructura del pavimento de una aeropista previo a los trabajos de rubblizing.



Figura 2.10 Instalación del sistema de subdrenaje en el pavimento de una aeropista previo a los trabajos de rubblizing (Asphalt Institute).

### c) Corte del pavimento

En pavimentos de aeropuertos anteriormente se pensaba que siempre era necesario realizar un corte a lo largo del pavimento para permitir la expansión del concreto al ser fracturado. Existía la preocupación sobre el confinamiento del concreto en un pavimento muy ancho, lo que tal vez podría afectar la

capacidad para fracturarlo. Sin embargo, según Fitts, en proyectos recientes de aeropuertos se ha demostrado que esto no siempre es necesario, mas aún con la utilización de una máquina con mayor alcance de rompimiento como la RPB-600, la cual fue desarrollada para el rubblizing de pavimentos con gran peralte, de hasta 65 cm de espesor.

Los cortes profundos de aislamiento son utilizados normalmente para la protección de instalaciones eléctricas, sistemas de drenaje, pavimentos adjuntos, y algunas otras estructuras. De tal manera que los cortes ayudan a proteger las instalaciones de cualquier daño debido al impacto o vibración que pudieran sufrir durante el proceso de rubblizing.



a)



b)

Figura 2.11 a) Cortadora de pavimento sobre orugas,  
b) Cortadora de pavimento sobre neumáticos, (Asphalt Institute).

#### d) Pulverización del pavimento de concreto (rubblizing)

El proceso de fracturamiento del pavimento de concreto es desarrollado mediante la técnica de rubblizing, que actualmente es una de las más utilizadas para el pulverizado de losas de concreto en pavimentos.



Figura 2.12 Proceso de rubblizing de pavimentos de concreto con diversos equipos.

Existen varios equipos que se han desarrollado durante los últimos años para la demolición de pavimentos, de los cuales se pueden mencionar los dos más utilizados que son; el equipo rompedor resonante y el equipo multi-head breaker.

Si bien la técnica con estos equipos ha sido utilizada de manera exitosa en diferentes proyectos, existen algunas diferencias importantes en cuanto al proceso de rubblizing, como por ejemplo el rendimiento de los equipos, la calidad del material fracturado, la disposición del equipo para ciertos proyectos, la compactación del material, así como el costo del proceso. Por lo que la selección del equipo para la aplicación del rubblizing es uno de los aspectos importantes el cual dependerá también en cada proyecto de diversos factores, como lo son; la evaluación previa del pavimento, el costo y tiempo del proyecto, ubicación del proyecto, tipo de obra y la disponibilidad del equipo requerido en el sitio.



Figura 2.13 Comparación de la superficie de material intacto y triturado de un pavimento de concreto después del proceso de rubblizing (RMI, Inc.).

e) Corte y remoción del acero de refuerzo

Cualquier acero de refuerzo o desperdicio que surja sobre la superficie durante el rubblizing del pavimento de concreto debe ser removido, a menos que el pavimento sea fracturado solo para removerlo.



Figura 2.14 Remoción del acero de refuerzo en un pavimento de concreto (RMI, Inc.).

La remoción del acero que permanece en el concreto fracturado removerá el acomodo de las partículas y elevará el perfil en el área afectada, por lo que se debe tener especial cuidado en el remplazo del área afectada.

Cuando el objeto del proceso de demolición del pavimento es solamente para su remoción del sitio, el acero es removido utilizando excavadoras con rippers (figura 2.14), después es cortado en secciones para facilitar su transporte fuera del sitio, el concreto es removido con retroexcavadoras y cargado para su transporte a una planta de trituración para su reciclaje, o a un banco de tiro para su disposición final, lo cual no es recomendable ya que se desperdiciaría una cantidad importante del material, perdiendo así su valor de reaprovechamiento.

#### f) Sondeo del material triturado

Los sondeos durante el proceso del rubblizing son importantes para el control de calidad del material triturado, en este sentido las especificaciones para aeropuertos de la FAA (Federal Aviation Administration) y la USAF (United States Air Force) requieren la excavación de pozos de prueba de 1.2m por 1.2m para comprobar que el concreto del pavimento ha sido fracturado completamente en todo su espesor y que además el acero se ha desprendido del concreto triturado. Los pozos son realizados usualmente con retroexcavadora, y después son rellenados con material granular con la calidad que marquen las especificaciones del proyecto.



Figura 2.15 Pozos de sondeo para comprobación de la trituración del concreto y el desprendimiento del acero en la losa del pavimento (Asphalt Institute, 2008).

Para los sondeos se hacen tramos de prueba, para esto la RMI sugiere tramos de 300 pies (91.44m) de largo por 12 pies (3.65m) de ancho, en donde se

tritura el material y se compacta para comprobar la eficiencia del equipo durante el proceso, y en su caso hacer los ajustes necesarios para obtener la calidad del material requerido en las especificaciones, antes de comenzar con el proyecto completo (Buncher et al., 2008).

#### g) Compactación del material triturado

Los trabajos de compactación del material fracturado son realizados básicamente para la preparación de la superficie para la colocación de la carpeta asfáltica.



Figura 2.16 Compactación con rodillo liso vibratorio del material triturado (RMI, Inc.).

El tipo de equipo que se utiliza para la compactación del material triturado depende principalmente del equipo utilizado para el fracturamiento del concreto, cuando se utiliza un equipo rompedor resonante para el rubblizing del pavimento se recomienda utilizar un equipo de compactación con rodillo liso vibratorio, normalmente se aplican de dos a cuatro pasadas dependiendo del comportamiento del material a la compactación, operando el equipo de compactación a una velocidad de 33 impactos por metro.

Por otra parte, anteriormente se pensaba que la compactación debería realizarse cuando el material estuviera en estado seco, lo cual ha cambiado con la experiencia de los constructores, por lo que al compactar material se ha observado que la humedad ayuda a lubricar las partículas y facilita su

reacomodo. En la figura 2.17 se muestra el material compactado y preparado para los trabajos de colocación de la carpeta asfáltica (Fitts, 2006).



Figura 2.17 Superficie final después del proceso de rubblizing y de compactación de un pavimento de concreto triturado (Antigo Construction Inc.).

#### h) Colocación de carpeta asfáltica

Después de que las losas de concreto han sido debidamente fracturadas y trituradas y el material ha sido compactado, se puede decir que el proceso del reciclado del pavimento de concreto mediante la técnica de rubblizing ha sido terminado, sin embargo para que el proceso de la rehabilitación del pavimento de concreto sea completada, se requiere de los trabajos de la colocación de asfalto sobre el material triturado, con lo que finalmente el pavimento será transformado en un pavimento flexible.

La colocación de la carpeta asfáltica se realiza prácticamente de la misma manera que para cualquier estructura de pavimento asfáltico, se hace en dos o tres capas dependiendo del espesor que se haya diseñado para el pavimento en cuestión, en la figura 2.19 se observa el perfil de un pavimento terminado con una carpeta asfáltica sobre material del pavimento de concreto triturado.



Figura 2.18 Colocación de mezcla asfáltica en caliente sobre el concreto triturado y compactado (RMI, Inc.)



Figura 2.19 Espesor final de un pavimento de concreto reciclado después del proceso de rubblizing y la colocación de una carpeta asfáltica (RMI, Inc.).

Por otra parte, aunque la mayoría de las sobrecarpetas que se han utilizado en proyectos de este tipo han sido de asfalto, es posible la colocación de una sobrecarpeta de concreto sobre el material de concreto triturado.

Esta técnica ha sido utilizada en varios proyectos de pavimentos con excelentes resultados, tal es el caso de Pennsylvania y Iowa en los Estados Unidos (ACPA, 1998).

### 2.3.3. Rubblizing utilizando equipo rompedor de frecuencia resonante

Actualmente, la técnica de rubblizing con rompedor resonante se realiza con un equipo de diseño único como el que se muestra en la Figura 2.20. El proceso de rubblizing con equipo rompedor de frecuencia resonante es ejecutado mediante varias pasadas, iniciando en la orilla del pavimento o de un corte profundo a lo largo del pavimento a una distancia preestablecida, normalmente se recomienda una distancia del tramo por lo menos de 1,000 m.



Figura 2.20 Máquina resonante rompedora de pavimento (RMI, Inc.).

Después de la primera pasada el equipo regresa al punto inicial adyacente a la pasada previa, y comienza nuevamente con el proceso de rubblizing, con lo que se logra obtener una superficie fracturada del pavimento, como se puede apreciar en las figuras 2.20 y 2.22. Para minimizar la generación de polvo, normalmente se humedece la superficie de concreto antes de comenzar con el proceso de fracturamiento (Fitts, 2006).

Por otra parte, estudios experimentales han determinado que el patrón de fractura que se produce en las losas de concreto del pavimento con un equipo rompedor resonante, es similar al presentado en la Figura 2.21, donde la porción superior del pavimento (5 - 8 cm) queda más triturada y la porción inferior queda fracturada y altamente trabada en un patrón de grietas de 35 a 45 grados.

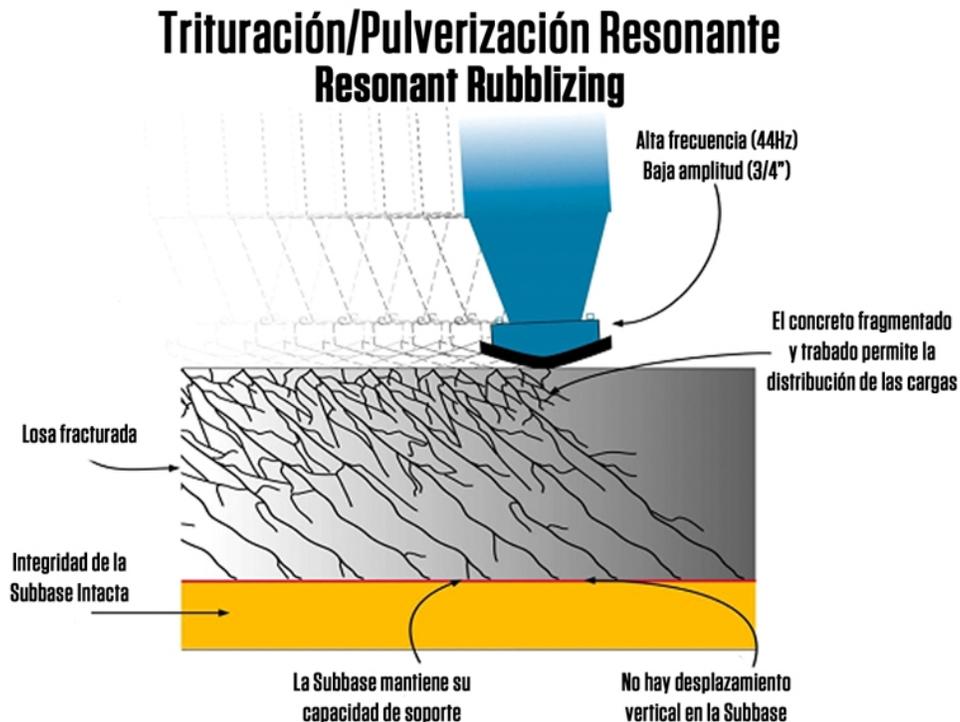


Figura 2.21 Patrón de fracturamiento de una losa de concreto en un pavimento, utilizando equipo rompedor de frecuencia resonante (RMI, Inc.).

Este patrón de agrietamiento le confiere al material excelentes propiedades mecánicas de resistencia, pero debido a que lo convierte en un material **anisotrópico**, la forma más recomendada para medir su capacidad estructural

es directamente en sitio sin alterar la condición del terreno (Thenoux et al., 2009).

El producto final del rubblizing en un pavimento de concreto es una capa granular de alta capacidad estructural, de excelente comportamiento frente al agua. Además, debido a que la energía de rotura se entrega con una baja amplitud y alta frecuencia, el poder destructivo de la carga dinámica se concentra en la porción del firme de concreto sin alterar las condiciones de la subbase y las capas existentes. Por esta última razón, la carga dinámica tampoco afecta a instalaciones bajo el firme. Sobre la capa triturada y fracturada, se construye una capa de rodamiento de mezcla bituminosa, la cual no queda expuesta a un potencial reflejo de grietas, obteniéndose un firme de excelente capacidad estructural y de buen comportamiento a largo plazo (Thompson, 1999).

La operación y el funcionamiento del equipo son algunos de los aspectos más importantes para lograr un rendimiento óptimo en la aplicación de esta técnica. En este sentido, el equipo es operado a una velocidad menor a los 8 km/hr, para generar los impactos deseados en espacios cortos.



Figura 2.22 Viga resonante de un equipo rompedor resonante en operación (RMI, Inc.).

El rango de producción de las rompedoras resonantes de pavimento (RPB), depende de varios factores, principalmente del espesor y la resistencia del concreto, de las condiciones de soporte debajo del concreto, la velocidad de operación del equipo, el número de zonas que se deban evitar durante la operación, el número de máquinas que se utilicen en cada proyecto, y en su caso las desviaciones y los requerimientos de control del tráfico. En el caso de carreteras es preferible desviar el tráfico lejos del área de construcción, en lugar de trabajar con tráfico paralelo al tramo en rehabilitación. Con lo que se logra mejorar la eficiencia de los trabajos además de brindar mayor seguridad a los operadores, a los trabajadores y a los automovilistas.

Para fines de estimación, se puede asumir que una máquina es capaz de triturar alrededor de 4,200 a 8,300 m<sup>2</sup> por jornada de trabajo. Una máquina rompedora de este tipo pesa de 27,000 a 31,750 kg, la cual opera sobre neumáticos. Para condiciones blandas, el equipo rompedor resonante (RPB) deberá contar con llantas anchas llamadas de flotación para reducir la presión aplicada al concreto fracturado y así evitar las deformaciones excesivas en las capas inferiores (Fitts, 2006).

### **2.3.3.1. Descripción del equipo rompedor de frecuencia resonante**

El equipo rompedor de pavimentos es un equipo de diseño único en su tipo desarrollado específicamente para el fracturamiento de pavimentos, las partes principales que conforman un RPB se muestran en la figura 2.23.

Dentro de las características más importantes de operación de un equipo rompedor resonante, se pueden distinguir los siguientes puntos:

- Frecuencia de resonancia 44 Hertz
- Baja amplitud de rompimiento de 0.5" a 0.75"
- Peso de la viga 8000 lb
- Capacidad de pulverización de un pavimento de hasta 26" de espesor
- Área de rompimiento de 2" a 12" de ancho
- Velocidad del equipo en operación de 8 km/hr aprox.



Figura 2.23 Partes principales de un equipo rompedor resonante de pavimento (resonant pavement breaker) modelo RB 500 (RMI, Inc.).

En una máquina rompedora, la viga resonante es una de las piezas fundamentales con las que cuenta el equipo, ya que junto con el pedestal y la base de contacto, este sistema logra fracturar el pavimento de manera eficiente, en la figura 2.24 se muestran las partes principales que componen una viga resonante.

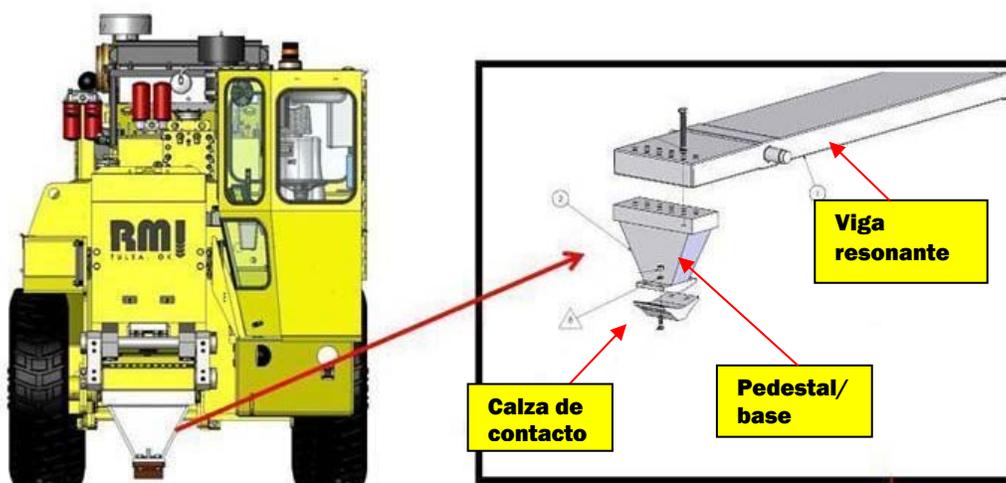


Figura 2.24 Partes principales de una viga resonante (RMI, Inc.).

La viga resonante está hecha de un metal de alta resistencia, la cual tiene un ancho de 26 pulgadas (66.04 cm), y 9 pies de longitud (2.74m), con un peso aproximado de 8000 libras (3628 kg).

La base y la calza de contacto están diseñadas para diferentes espesores y densidades de concreto, para obtener el tamaño deseado de partículas, además de contar con calzas específicas para el triturado y rompimiento de concreto. Por otra parte, las dimensiones de un equipo rompedor hacen posible su desplazamiento sin mayores dificultades, en la figura 2.25 se presentan las dimensiones de un equipo rompedor resonante modelo RB-600, el cual es el modelo más reciente de este tipo de máquinas.

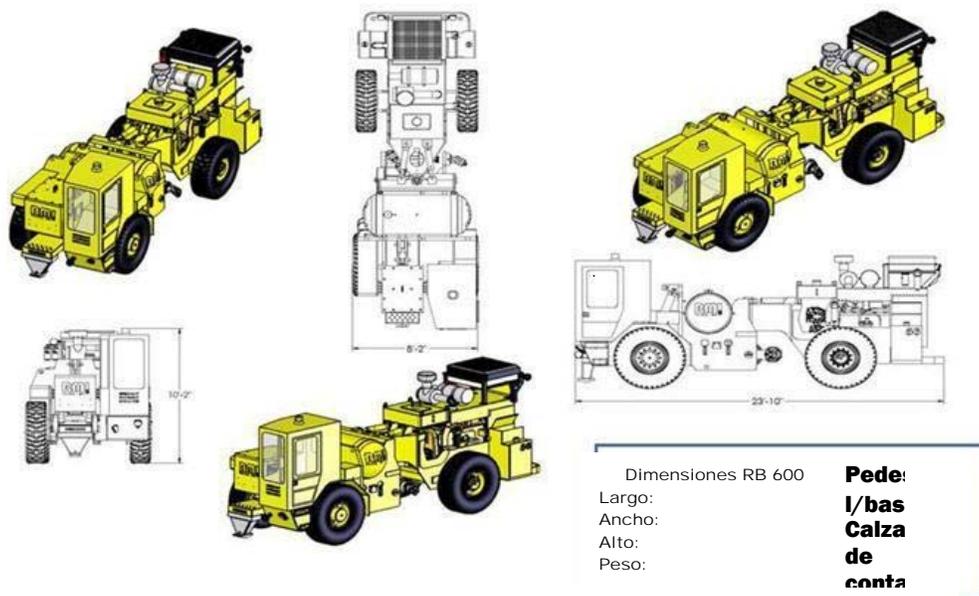


Figura 2.25 Dimensiones de un equipo rompedor resonante modelo RB-600 (RMI, Inc.).

### 2.3.4. Rubblizing utilizando equipo Multi-Head Breaker (MHB), (rompedor de cabezas múltiples).

Dentro de los equipos más utilizados en la técnica de rubblizing se encuentran los equipos desarrollados por Badger Breakers, el equipo principal para el rompimiento de pavimentos de concreto es el Multi-Head Breaker (MHB), el cual es una máquina diseñada específicamente para el fracturamiento de losas de concreto en pavimentos. En la figura 2.26 se muestra un equipo MHB en operación.



Figura 2.26 Equipo Multi-Head Breaker, Badger Breaker (Antigo Construction Inc.).

Algunos de los factores más importantes en la selección del equipo para el rubblizing de un pavimento son las condiciones de carga y las cargas de los neumáticos. En este sentido el MHB solo carga la losa que no está fracturada, además de tener la ventaja de triturar el concreto en una sola pasada a lo largo del tramo. Estos factores son importantes particularmente cuando; se

pretende triturar un pavimento con poco espesor en la losa de concreto, las capas de la base y/o subbase son delgadas y/o inestables, y cuando la subrasante tiene baja resistencia. EL MHB reduce considerablemente los problemas de operación asociados con estos factores.

Otro de los equipos utilizados conjuntamente con un MHB para el fracturamiento de losas de concreto en pavimentos es el equipo tipo guillotina, el cual normalmente se utiliza para el pre-fracturamiento de un pavimento, previo a la utilización de un equipo MHB, actualmente Antigo Construction cuenta con dos modelos de este equipo, los cuales se presentan en la figura 2.27.



a)



b)



c)

Figura 2.27 Rompedoras de pavimento tipo guillotina; a), b) Modelo 8600 Badger Breaker, c) Modelo T8600 Badger Breaker (Antigo Construction Inc., 2009).

Los equipos tipo guillotina cuentan con un martillo en la parte trasera del equipo de 8 pies de ancho (2.43 m), con un peso aproximado de 12,000 libras

(5.44 ton), el espesor del martillo de golpeo es de 1.5 pulgadas y la altura de caída puede ser ajustada eléctricamente desde una altura de 0 a 9 pies (de 0 a 2.74 m).

Por otra parte el equipo MHB Badger Breaker tiene 2 modos de operación, la máquina de soporte carga 12 martillos con un ancho de 8" (20cm), cada uno para un ancho de rompimiento de 8 pies (2.44 m). A este equipo se le pueden agregar dos martillos adicionales más anchos en los extremos para un ancho de rompimiento de hasta 13 pies (3.96m). Normalmente el modo de 13 pies de ancho se utiliza en el rubblizing de pavimentos en autopistas y aeropuertos. El modo de 8 pies se utiliza más en el rubblizing de pavimentos en calles. El peso de la MHB en el modo sencillo de 8 pies es aproximadamente de 47,000 libras (21.3 ton), cuando se agregan los dos martillos adicionales en los extremos del equipo el peso aumenta a 58,000 lb (26.3 ton) aproximadamente.



Figura 2.28 Proceso de rubblizing en una aeropista de pavimento de concreto con equipo tipo guillotina y MHB trabajando simultáneamente (Antigo Construction Inc., 2009).

El equipo MHB también cuenta con dos tipos de controles básicos de operación, los cuales son, la altura de caída de los martillos y la velocidad de operación de la máquina. La altura de caída del martillo determina la cantidad de energía de rompimiento que se aplica al pavimento de concreto. Cada par de martillos está conectado a un cilindro hidráulico controlado de manera individual, así las alturas de caída pueden modificarse a lo largo del pavimento de concreto

mientras es fracturado. La velocidad de avance del equipo en operación determina el espaciamiento de los impactos de los martillos en la superficie del pavimento.

Dependiendo de las especificaciones para el rubblizing de un pavimento de concreto, normalmente se aplica una altura de caída y una velocidad de operación para fracturar el concreto en partículas con un tamaño máximo de 2" (5cm) en la superficie de la losa, y de 9 a 12 pulgadas en la parte inferior de la losa. La altura típica de caída para un pavimento en autopistas es de 5 pies (1.52m) y un espaciamiento de 3 a 4 pulgadas.

Durante la ejecución de los trabajos del proyecto se requieren algunos ajustes de operación para cumplir con las especificaciones requeridas y pueden ser realizados de acuerdo a las necesidades del proyecto, dependiendo de las condiciones del pavimento y la base. Por lo que en cualquier proyecto de este tipo, el primer paso es determinar la altura de caída que fracture el concreto adecuadamente en todo su espesor. Ya que se ha determinado la altura de caída, se ajusta la velocidad de operación para producir los tamaños de los segmentos requeridos. Cuando se desean producir segmentos más grandes en el concreto simplemente se aumenta el espaciamiento de los impactos en la superficie de contacto.

Actualmente un equipo MHB Badger Breaker puede triturar (rubblize), un pavimento de 8 a 10 pulgadas de espesor con un ancho de hasta 13 pies (3.96 m) en una sola pasada, con un promedio de producción de 1 milla por una jornada de 10 horas. El rendimiento y capacidad para el rubblizing de un pavimento con espesor de 14 pulgadas se establece en un promedio de una milla por cada 12 horas de operación aproximadamente. En el caso de un pavimento de concreto sobre una base tratada con cemento, el MHB puede romper o triturar el concreto sin dañarla. Cuando se trata del fracturamiento de concreto para su remoción, los rangos de producción aumentan de tal manera que una MHB puede romper de 2 a 3 millas por jornada de trabajo en un concreto de hasta 24" (Thompson, 2006).

Cuando se utiliza un equipo MHB para el rubblizing de un pavimento, debido al tipo de impacto en la superficie de contacto en el concreto, las partículas de la superficie quedan generalmente con formas irregulares en su mayoría alargadas y planas, tal como se puede apreciar en la figura 2.29.



Figura 2.29 Superficie de un pavimento de concreto después del rompimiento con equipo MHB, donde se aprecian partículas de forma delgada (Antigo Construction Inc.).

Debido a lo anterior, después del fracturamiento del material, generalmente se utiliza una compactadora con rodillo vibratorio con Z-grip (plantilla en Z), la cual permite triturar y reducir el tamaño de las partículas del material en la superficie.

En la figura 2.30 se muestra la compactación de una superficie recién fracturada con equipo MHB y sin compactar. De acuerdo con algunas especificaciones de los departamentos de transporte en los Estados Unidos, como por ejemplo el IDOT, el proceso de compactación se debe realizar mediante 4 pasadas con un rodillo vibratorio con Z-grip, inmediatamente después se debe compactar el material con un compactador de rodillo liso vibratorio, con el cual se recomiendan de 2 a 4 pasadas, y finalmente se ejecutan dos pasadas con rodillo sobre neumáticos.

Al terminar con el proceso de compactación del material triturado, la superficie se encuentra preparada para la colocación de la mezcla asfáltica en caliente. En la figura 2.31 se muestra la superficie de un pavimento de concreto después del proceso de rubblizing con equipo MHB y la compactación del material con los equipos mencionados anteriormente.



Figura 2.30 Compactadora con rodillo vibratorio con Z-grid (plantilla en Z), seguido de una compactadora con rodillo vibratorio liso (Antigo Construction Inc., 2005).



Figura 2.31 Superficie final después del proceso de rubblizing y compactación de un pavimento de concreto (Antigo Construction Inc., 2003).

## 2.4. Conclusiones capitulares

Dentro de las técnicas revisadas en este capítulo para la demolición y la reutilización de residuos de demolición en pavimentos de concreto, estas se pueden considerar como procesos que técnicamente permiten la rehabilitación de un pavimento de concreto, contribuyendo de manera particular en la disminución del desperdicio de material de demolición, en especial del concreto, lo cual es uno de los objetivos principales en el manejo y tratamiento de desperdicios de la construcción.

La utilización conjunta de técnicas tradicionales para la demolición de estructuras de pavimentos de concreto junto con la producción de agregados reciclados de concreto, puede ser una alternativa que permita la rehabilitación de la estructura de un pavimento reutilizando parte del material de demolición en la misma obra, ayudando así en la disminución del desperdicio de material y por consiguiente en el costo por transporte de residuos de demolición.

Por otra parte, la técnica para la trituración y fracturación (rubblizing) de losas de concreto en pavimentos se presenta como una alternativa que también puede ser utilizada en proyectos para la rehabilitación de pavimentos de concreto, y que por sus características se debe considerar como una opción importante para llevar a cabo este tipo de trabajos, ya que permite el reaprovechamiento prácticamente del total del concreto triturado eliminando el desperdicio de este material así como los costos por acarreo del mismo.

## CAPÍTULO 3

### ***EVALUACIÓN COMPARATIVA DE ALTERNATIVAS PARA EL REAPROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE UN PAVIMENTO DE CONCRETO PARA EL CASO DE UNA AEROPISTA EN MÉXICO.***

Las alternativas para el reciclaje de pavimentos de concreto deben de ser aprovechadas en lo que refiere a campos como la construcción y medio ambiente, así como algunas otras áreas que se encuentran de alguna manera involucradas para dar soluciones de manera integral y reaprovechar los residuos de demolición de pavimentos de concreto.

En el presente capítulo se realiza un análisis sobre la aplicación de algunas alternativas para el reaprovechamiento de pavimentos de concreto, tratando de brindar una visión objetiva sobre las posibles ventajas que puede representar en cuanto a la reutilización de los materiales y el costo de estos procesos, así como las diferencias en su aplicación, y el beneficio que genera al medio ambiente.

#### **3.1. Obras factibles para la aplicación de alternativas en México**

En México actualmente existen varias estructuras que cuentan con pavimento de concreto hidráulico, las cuales al término de su vida útil tendrán que ser rehabilitadas, como es el caso de algunas aeropistas en aeropuertos importantes, algunas carreteras, así como libramientos y en mayor porcentaje pavimentos en vialidades urbanas con los que se cuenta actualmente en la mayoría de las ciudades grandes y medianas del país.

Cuando se presenta la necesidad para la reconstrucción de un pavimento de concreto es importante que las dependencias y las empresas encargadas de la elaboración de proyectos y ejecución de los trabajos para la rehabilitación de pavimentos de concreto, conozcan y evalúen las diferentes alternativas existentes, para lograr que los proyectos sean llevados a cabo de la manera más conveniente, tomando en cuenta el costo y tiempo, además de aspectos ambientales, que ayuden a minimizar los efectos negativos que se pueden

producir con los trabajos de la reconstrucción de un pavimento de concreto. Por tal motivo es indispensable que se lleven a cabo proyectos tomando en cuenta mejores alternativas que resulten más económicas y que contribuyan a la preservación del medio ambiente.

### **3.1.1. Pavimentos de concreto en aeropuertos**

Desde hace varias décadas el transporte aéreo se ha convertido en uno de los medios más importantes para el traslado de pasajeros y de carga, por lo que los aeropuertos son parte indispensable de la infraestructura para el transporte aéreo nacional e internacional, de acuerdo con datos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes se tienen registrados 85 aeropuertos en el país, de estos 22 son nacionales y 63 internacionales. En el año 2009 fueron transportados cerca de 49 millones de pasajeros por este medio, por lo que debido a la importancia que representa este medio de transporte es necesario el buen funcionamiento de los aeropuertos.

Una de las estructuras más importantes en un aeropuerto es la pista de aterrizaje, ya que es la que hace posible el despegue y aterrizaje de las aeronaves, por lo que obviamente es necesario que las aeropistas se encuentren siempre en excelentes condiciones para su operación. Para ello los trabajos periódicos de mantenimiento del pavimento existente son muy importantes para que se mantengan las condiciones de servicio requeridas para la operación eficiente de las aeronaves.

Debido a la importancia que representan los aeropuertos para el transporte aéreo en el país y, ante la posible necesidad de rehabilitación de una aeropista con un pavimento de concreto, se puede considerar este tipo de estructuras como obras con un alto grado de aplicación para el proceso de reaprovechamiento del material del pavimento de concreto existente.

Actualmente, de los aeropuertos existentes en el país, aproximadamente el 15% cuenta con una aeropista principal con pavimento de concreto hidráulico y en algunos casos cuentan con una pista secundaria también con pavimento de concreto, en el cuadro número 3.1 se presentan los aeropuertos que cuentan con estas condiciones:

Aeropuerto	Ciudad/Estado	Pista principal	Pista secundaria
A. Inter. de Acapulco	Acapulco, Guerrero	3,300 X 45 metros	1,700 x 45 metros
A. Inter. de Aguascalientes	Aguascalientes, Aguas.	3,300 X 45 metros	1,700 x 45 metros
A. Inter. de Guadalajara	Guadalajara, Jalisco.	4,000 x 60 metros	
A. Inter. de Hermosillo	Hermosillo, Sonora.	2,300 x 45 metros	1,100 x 30 metros
A. Inter. de Ixtapa/Zihuatanejo	Ixtapa, Guerrero.	2,500 x 60 metros	
A. Inter. de La Paz	La Paz, BCS.	2,500 x 45 metros	
A. Inter. de Los Cabos	Los Cabos, BCS.	2,200 x 45 metros	
A. Inter. 'Mariano Escobedo'	Monterrey, N.L.	3,000 x 45 metros	1,800 x 30 metros
A. Inter. de Mazatlán	Mazatlán, Sinaloa.	2,700 x 45 metros	
A. Inter. de Mexicali	Mexicali, BCN.	2,600 x 44 metros	
A. Inter. de Querétaro	Querétaro, Qro.	3,500 x 45 metros	
A. Inter. de Tampico	Tampico, Tamaulipas.	2,550 x 45 metros	1,200 x 30 metros
A. Inter. de Tijuana	Tijuana, BCN.	3,960 x 44 metros	
A. Inter. de Veracruz	Jalapa, Veracruz.	2,400 x 45 metros	1,523 x 45 metros
A. Inter. de Puerto Vallarta	Puerto Vallarta, Jalisco.	3,100 x 45 metros	*mixto
A. Inter. de Toluca	Toluca, Edo. De México.	4,200 x 45 metros	*mixto

Cuadro 3.1. Aeropuertos en México que cuentan con una aeropista de pavimento de concreto hidráulico (elaboración propia).

Por otra parte, cuando un pavimento se acerca al final de su vida útil y las condiciones de servicio ya no son las óptimas para su uso, la estructura del pavimento es evaluada para establecer las condiciones y los trabajos de rehabilitación y en su caso la reconstrucción del pavimento. Así cuando un pavimento de concreto va a ser reconstruido, generalmente todavía se demuele y en la mayoría de los casos el material es retirado y transportado a un banco de tiro, o a sitios donde no existe control alguno, lo cual es una práctica inconveniente para el medio ambiente además de desperdiciar material con un alto valor de reaprovechamiento, como en este caso el material de demolición del concreto.

Una de las alternativas actuales para la reconstrucción de un pavimento de concreto es la reutilización del material de demolición, de la cual se deben tomar en cuenta todas las ventajas que representa este proceso desde el

punto de vista económico y por supuesto ambiental. Sin embargo en países como México todavía no se utilizan este tipo de técnicas debido posiblemente al desconocimiento del procedimiento, además de la tecnología utilizada para ello, por lo que se debe impulsar el desarrollo y la aplicación de esta y otras tecnologías que sirvan para el fortalecimiento y el desarrollo de la infraestructura del país.

### **3.1.2. Pavimentos de concreto en carreteras**

La construcción de pavimentos de concreto en carreteras en el país es relativamente reciente, fue a principios de la década de los 90's cuando comenzó la construcción a gran escala de los pavimentos de concreto hidráulico en México. Uno de los principales factores por los que no se construían este tipo de pavimentos fue debido a que el país ha sido un importante productor de petróleo, y por consiguiente de asfalto, además de que anteriormente existía un subsidio importante en el precio del asfalto, lo que hacía el costo de los pavimentos asfálticos más económicos en comparación con los de concreto hidráulico.

A partir de 1993 se comenzaron a construir algunas carreteras con pavimentos de concreto ante la necesidad de caminos con mayor durabilidad, en la década de los 90's se construyeron algunos de los primeros proyectos con concreto hidráulico como el libramiento Ticumán con una extensión de 8.350 km, que consiste en una sobrecapa de concreto hidráulico de aproximadamente 20 cm de espesor que fue aplicada sobre el pavimento asfáltico existente; el tramo Tuxpan - Tihuatlán y Tihuatlán - Poza Rica (La Nacional), la autopista Cárdenas - Agua Dulce en el estado de Tabasco, con una longitud de 84 km; la autopista Guadalajara - Tepic con 34 km de longitud en dos cuerpos; la rehabilitación del camino Yautepec - Jojutla (La Nacional) en el estado de Morelos con una longitud de 32 km, también los tramos Atlapexco - Tianguistengo y Jiutepec - Zapata; la construcción de 38 km en la autopista Querétaro - San Luis Potosí. Entronque Aeropuerto - Libramiento de San Luis Potosí, Libramiento de San Luis Potosí - El Huizache y el tramo Aeropuerto de Ixtapa - Zihuatanejo. En la figura 3.1 se muestra una pavimentadora de cimbra deslizante, uno de los equipos utilizados en los primeros proyectos de colocación de concreto hidráulico en caminos en el país.

Entre los años de 1997 y 1998 se construyeron los tramos de las autopistas Tulum - Nizuc y Pirámides - Tulancingo, un segundo tramo de Ixtapa - Aeropuerto, el Libramiento Ruta Dos en Nuevo Laredo, la Autopista Cancún - Tulum, la Autopista Huizache - Matehuala, tres tramos de la Autopista Querétaro - Palmillas, el Libramiento Uman en el estado de Yucatán, el Libramiento Rincón de Romos en el estado de Aguascalientes, Boulevard Aeropuerto La Paz y el tramo de Chihuahua - Aldama.



Figura 3.1. Colocación de concreto hidráulico con pavimentadora de cimbra deslizante (CEMEX, 2000).

Para finales de los 90's se realizaron los trabajos de construcción de los tramos de: la Autopista Rosario - Escuinapa en el estado de Sinaloa, Aeropuerto Vallarta - Río Ameca en Jalisco, Río Ameca - Cruz de Huanacaxtle en Nayarit, el segundo tramo de la Cárdenas - Agua Dulce en Tabasco, la carretera Yautepec - Oacalco, el tramo Poxila - Límite de Estados en Yucatán, Libramiento de Colima, Chajul - Flor de Café en el estado de Chiapas, Entronque Feliciano - Lázaro Cárdenas en Michoacán, Acceso al Puerto Fronterizo Laredo puente Internacional III, Matehuala - San Roberto y San Roberto - Puerto México en el estado de Nuevo León, el acceso al puerto de Altamira (API), las laterales del Paseo Tolloacán en Toluca Estado de México,

los tramos de Huayacocotla y la Chinantla en Veracruz, así como el Libramiento Nororiente de Querétaro (CEMEX, 2000).

Para el año 2000 México contaba con aproximadamente 2500 km de pavimentos de concreto siendo alrededor del 2.5% de la red total de pavimentos en el país. Actualmente gran parte de esta infraestructura carretera se encuentra próxima al término de su periodo de servicio para el que fue diseñada, por lo que se deberá considerar dentro de los proyectos de conservación, el tipo de rehabilitación y la tecnología más convenientes que se aplicarán para cada proyecto en particular, tomando en cuenta las diversas alternativas existentes y poder definir la opción más adecuada para cada proyecto.

En la última década se han construido algunos libramientos y caminos importantes con este tipo de pavimento, los cuales son relativamente nuevos, como ejemplo en el 2009 se inauguró la autopista Arco Norte la cual cruza por los estados de México, Hidalgo, Tlaxcala y Puebla, cuenta con una longitud total de 223 km en dos cuerpos con pavimento de concreto hidráulico, es una de las obras más importantes de infraestructura carretera de los últimos años, sin embargo se requiere de varios proyectos de esta magnitud para cubrir las necesidades del país en cuanto desarrollo y ampliación de la red de carreteras.

### **3.1.3. Pavimentos de concreto en vialidades urbanas.**

Parte de la infraestructura que podría tener gran aplicación en la rehabilitación de pavimentos de concreto mediante las técnicas ya revisadas, son las vialidades en zonas urbanas de varias ciudades del país. Muchas de las vialidades que han sido construidas de concreto, y que hoy en día requieren su reconstrucción son una fuente importante para ser tomadas en cuenta como obras en las que se puede reaprovechar el material de demolición en caso de ser necesaria su rehabilitación. Cabe mencionar que normalmente no existe una planeación para la rehabilitación para este tipo de pavimentos por parte de los ayuntamientos o las autoridades responsables del mantenimiento de la infraestructura urbana de cada localidad, por lo que, cuando se presenta la necesidad de rehabilitar una vialidad, la tendencia es demoler el pavimento con equipo tradicional y simplemente quitar el material para después ser llevado al sitio más cercano para su disposición sin darle algún otro uso, es decir el

material es desperdiciado en su totalidad además de generar un impacto negativo en el medio ambiente. Por lo que se debe tener mayor cuidado en la planeación para dar mantenimiento de una manera integral a este tipo de obras, cuidando siempre los aspectos técnicos y económicos que contribuyan de manera positiva que además ayuden a la preservación del medio ambiente.

### **3.2. Ejemplo de aplicación de alternativas para el caso de un pavimento de concreto en la aeropista del Aeropuerto Internacional de Monterrey.**

Para la aplicación de las alternativas para la rehabilitación de un pavimento de concreto mediante las técnicas presentadas en este trabajo, se propone a manera de ejemplo la aplicación del proceso para el caso de la aeropista principal en el aeropuerto Internacional de Monterrey (Mariano Escobedo), siendo un proyecto factible para su posible aplicación debido a las características del pavimento existente, ya que es un pavimento que ha rebasado sus límites de diseño y de servicio, por lo que en un futuro cercano será necesaria su rehabilitación, de tal manera que se evaluará y se determinará la conveniencia de la utilización de estos procesos, con lo que se podrán determinar las ventajas y los posibles inconvenientes de la aplicación de estas técnicas en obras similares en el país.

#### **3.2.1. Aspectos generales**

El Aeropuerto Internacional Mariano Escobedo o Aeropuerto Internacional de Monterrey (código IATA: MTY, código OACI: MMY), se sitúa en la carretera Miguel Alemán a 24 kilómetros al noreste de la ciudad de Monterrey en el municipio de Apodaca, cuenta con dos terminales conectadas por un área subterránea, una corresponde a los vuelos nacionales y la otra a los internacionales, es el principal puerto de entrada aérea al estado de Nuevo León y junto al Aeropuerto Internacional del Norte se encarga de las operaciones nacionales e internacionales de la Zona Metropolitana de Monterrey.

Este aeropuerto es considerado como uno de los más modernos de América del Norte con capacidad para atender hasta 8 millones de pasajeros al año. El 87

por ciento del tráfico de pasajeros es doméstico, principalmente de la Ciudad de México, Guadalajara, Chihuahua y Tijuana, y el 13 por ciento del tráfico de pasajeros es internacional, principalmente de las ciudades norteamericanas de Dallas, Houston, Atlanta, Chicago y Los Ángeles. Cuenta con casi 300 vuelos diarios hacia más de 35 destinos en México, América del Norte y Europa. Es considerado el cuarto aeropuerto del país en términos de pasajeros atendidos y operaciones por año (OMA, 2010).



Figura 3.2. Aeropuerto Internacional de Monterrey, terminales y pistas de aterrizaje (INEGI, 2010).

Dentro de las áreas más utilizadas en los aeródromos y que por consecuencia de la constante actividad de las aeronaves son las más afectadas se encuentran las áreas críticas, las cuales son las que deben mantenerse en excelentes condiciones para el buen funcionamiento de los aeropuertos, por lo que se debe de tener especial cuidado en el mantenimiento de estas áreas.

Condiciones actuales del pavimento de la aeropista principal:

El aeropuerto cuenta con una aeropista principal con pavimento de concreto hidráulico de 3000 metros de longitud por 45 metros de ancho, con una losa de concreto hidráulico de 30 cm de espesor.

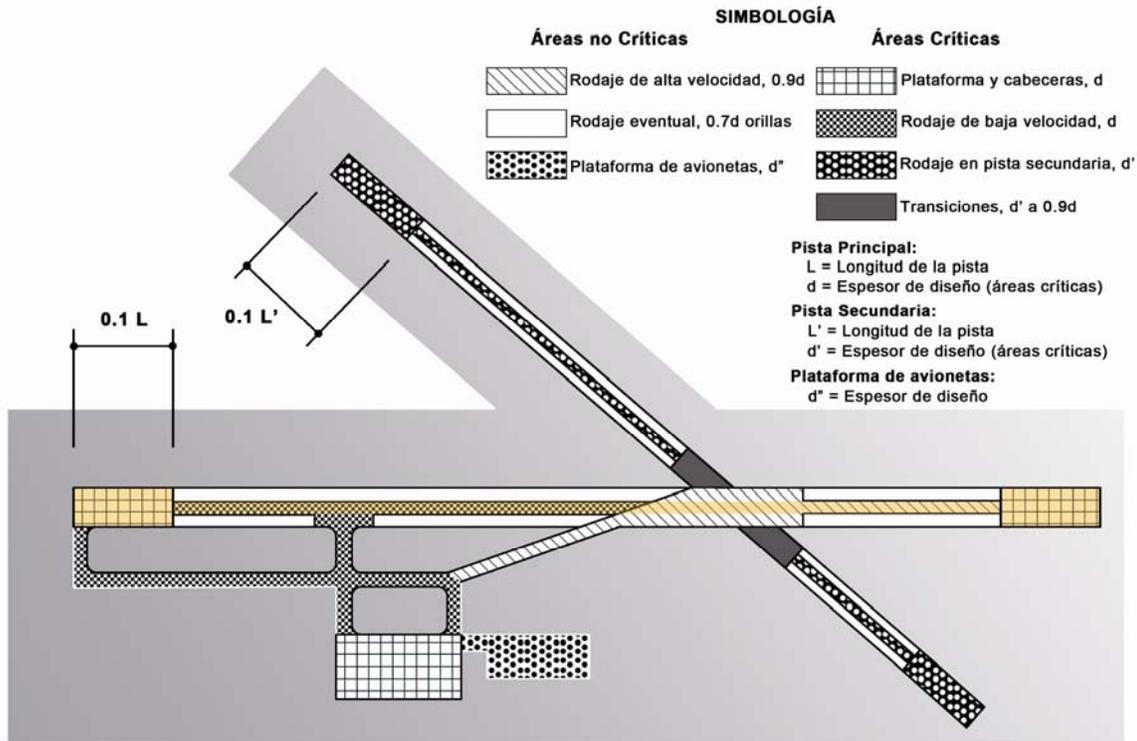


Figura 3.3. Áreas de rodamiento en aeródromos y zonificación de pavimentos (2010).

En la figura 3.3 se presenta un esquema de las áreas de rodamiento en aeródromos, para el caso en estudio se propondrá únicamente la rehabilitación de las áreas críticas de las cabeceras y de rodaje de baja velocidad, las cuales son las que se presentan a continuación:

$$\text{Área en cabeceras} = 27000 \text{ m}^2$$

$$\text{Área en rodaje de baja velocidad} = 36000 \text{ m}^2 \text{ (tercio central de la pista)}$$

$$\text{Área total de demolición} = 63000 \text{ m}^2$$

Volumen de concreto en cabeceras = 8100 m<sup>3</sup>

Volumen de concreto en rodaje de baja velocidad = 10800 m<sup>3</sup>

Volumen total de concreto de demolición = 18,900 m<sup>3</sup>

De acuerdo con las características del pavimento en cuestión, se presentan tres alternativas para su aplicación, la primera alternativa se propone sin el reaprovechamiento del material de demolición dentro de la obra, mientras que las otras dos alternativas se proponen con la reutilización del material producto de la demolición del pavimento de concreto existente en el sitio, estas tres alternativas se analizarán para realizar una comparativa de los beneficios y las diferencias que existen entre cada una de ellas.



Figura 3.4. Pista principal del Aeropuerto Internacional de Monterrey (2010).

Para cada una de las alternativas se presenta un análisis en base a una propuesta de los trabajos necesarios, que a su vez se presentan a manera de conceptos en cada una de las alternativas, así como los aspectos constructivos revisados anteriormente, además de los principales equipos y materiales para la realización de los trabajos.

### **3.2.2. Alternativa 1: Rehabilitación del pavimento de concreto mediante su demolición con técnicas tradicionales y sin el reaprovechamiento del material de demolición.**

Para esta primera alternativa se propone la demolición con técnicas tradicionales del pavimento de concreto en cuestión sin el reaprovechamiento del material producto de demolición en el sitio. Como se mencionó anteriormente cuando un pavimento rígido llega al final de su vida útil, y se encuentra en malas condiciones, una de las opciones para su rehabilitación es la reconstrucción del pavimento, quitando el material existente y sustituyéndolo por material nuevo, siendo esta es una de las prácticas más comunes que se realizan en nuestro país. Una de las principales causas es la falta de planeación que existe para dar solución a este tipo de proyectos cuando llegan al término de su vida útil. Por lo anterior el objetivo de esta alternativa es poder realizar una evaluación comparativa con las otras propuestas y determinar si realmente existen beneficios y establecer cuáles pueden ser sus ventajas.

#### **3.2.2.1. Conceptos de obra**

Considerando los aspectos constructivos para esta alternativa se presentan los siguientes trabajos a manera de conceptos, con objeto de establecer lo necesario para desarrollar el proyecto para la rehabilitación del pavimento de concreto. Los conceptos requeridos para esta propuesta son los que se presentan en el cuadro 3.2.

ALTERNATIVA I

CUADRO 3.2

CONCEPTOS			
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad
<b>REHABILITACIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO SIN REAPROVECHAMIENTO DEL MATERIAL DE DEMOLICIÓN. (ALTERNATIVA I)</b>			
<b>TRAMO I</b>			
0001	TRAZO Y NIVELACIÓN. CONFORMACIÓN Y NIVELACIÓN DE BASE Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DEBERÁN SER EJECUTADAS CON EXACTITUD EN CUANTO A LAS ALINEACIONES Y NIVELES INDICADOS EN LOS PLANOS DE PROYECTO O COMO LO ORDENE LA SUPERVISIÓN. INCLUYE: MATERIALES, BRIGADA TOPOGRÁFICA, HERRAMIENTA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00
0002	FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE HASTA 10 CM DE PROFUNDIDAD DE CORTE CON MÁQUINA PERFILADORA PR-450 C INCLUYE: MARCAJE DE LINEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, CARGA CON BANDA TRANSPORTADORA A CAMIÓN VOLTEO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. (MEDIR COMPACTO).	M2	31,500.00
0041	ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, FUERA DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA, AL DESTINO QUE ESTÉ AUTORIZADO POR LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	3,150.00
0031	DEMOLICIÓN A MÁQUINA CON MARTILLO HIDRÁULICO EN LOSA DE PAVIMENTO DE CONCRETO, DE CUALQUIER ESPESOR, DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DE LA OBRA. INCLUYE: CARGA A CAMIÓN DEL MATERIAL PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00
0041	ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, FUERA DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA, AL DESTINO QUE ESTÉ AUTORIZADO POR LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	9,450.00
0051	SUMINISTRO, MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE HIDRÁULICA DE 20 CM DE ESPESOR, FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO DE 1½" A FINOS, COMPACTADA AL 95% DEL PESO VOLUMETRICO SECO MÁXIMO. INCLUYE: CUÑAS DE SOBRE ANCHO, ACARREO DE MATERIAL, INCORPORACIÓN DE AGUA, ESCARIFICADO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTAS, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	9,450.00
0006	RIEGO DE IMPREGNACIÓN CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO RR-2K A RAZÓN DE 1,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTRO, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, CALENTAMIENTO, APLICACIÓN DEL RIEGO, MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00
0007	RIEGO DE LIGA PARA CARPETA, CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO A RAZÓN DE 0,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTROS, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, BOMBEO, APLICACIÓN DEL RIEGO, EQUIPO, MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00
0008	CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE PLANTA ADICIONADA CON POLÍMEROS EN EL PORCENTAJE ADECUADO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO UTILIZADO, TENDIDA CON PAVIMENTADORA, E=10 CM, COMPACTADO AL 100%. INCLUYE EL SUMINISTRO, ACARREO DEL MATERIAL, HERRAMIENTA, EQUIPO, MAQUINARIA, MANO DE OBRA, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00

ALTERNATIVA I

CUADRO 3.2

CONCEPTOS			
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad
<b>TRAMO II</b>			
0001	TRAZO Y NIVELACIÓN. CONFORMACIÓN Y NIVELACIÓN DE BASE Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DEBERÁN SER EJECUTADAS CON EXACTITUD EN CUANTO A LAS ALINEACIONES Y NIVELES INDICADOS EN LOS PLANOS DE PROYECTO O COMO LO ORDENE LA SUPERVISIÓN. INCLUYE: MATERIALES, BRIGADA TOPOGRÁFICA, HERRAMIENTA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00
0002	FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE HASTA 10 CM DE PROFUNDIDAD DE CORTE CON MÁQUINA PERFILADORA PR-450 C INCLUYE: MARCAJE DE LINEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, CARGA CON BANDA TRANSPORTADORA A CAMIÓN VOLTEO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. (MEDIR COMPACTO).	M2	31,500.00
0041	ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, FUERA DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA, AL DESTINO QUE ESTÉ AUTORIZADO POR LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	3,150.00
0031	DEMOLICIÓN A MÁQUINA CON MARTILLO HIDRÁULICO EN LOSA DE PAVIMENTO DE CONCRETO, DE CUALQUIER ESPESOR, DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DE LA OBRA. INCLUYE: CARGA A CAMIÓN DEL MATERIAL PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00
0041	ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, FUERA DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA, AL DESTINO QUE ESTÉ AUTORIZADO POR LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	9,450.00
0051	SUMINISTRO, MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE HIDRÁULICA DE 20 CM DE ESPESOR, FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO DE 1½" A FINOS, COMPACTADA AL 95% DEL PESO VOLUMETRICO SECO MÁXIMO. INCLUYE: CUÑAS DE SOBRE ANCHO, ACARREO DE MATERIAL, INCORPORACIÓN DE AGUA, ESCARIFICADO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTAS, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	9,450.00
0006	RIEGO DE IMPREGNACIÓN CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO RR-2K A RAZÓN DE 1,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTRO, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, CALENTAMIENTO, APLICACIÓN DEL RIEGO, MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00
0007	RIEGO DE LIGA PARA CARPETA, CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO A RAZÓN DE 0,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTROS, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, BOMBEO, APLICACIÓN DEL RIEGO, EQUIPO, MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00
0008	CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE PLANTA ADICIONADA CON POLÍMEROS EN EL PORCENTAJE ADECUADO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO UTILIZADO, TENDIDA CON PAVIMENTADORA, E=10 CM, COMPACTADO AL 100%. INCLUYE EL SUMINISTRO, ACARREO DEL MATERIAL, HERRAMIENTA, EQUIPO, MAQUINARIA, MANO DE OBRA, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00

### 3.2.2.2. Costos del proceso.

El análisis de costos de cada uno de los conceptos y el costo total de los trabajos para esta primera alternativa es el que se presenta en el cuadro 3.3, de donde se puede señalar que el costo final de la ejecución de la obra terminada sería aproximadamente de 32.45 millones de pesos.

El costo por m<sup>2</sup> del proceso de la rehabilitación del pavimento de concreto para este caso sería aproximadamente de \$520.00 pesos.

Los análisis de los precios a costo directo para la alternativa 1 se muestran en el apéndice I.

### 3.2.2.3. Propuesta de programa de obra

Para la ejecución de los trabajos necesarios para la realización de esta propuesta se desarrollo el siguiente programa de actividades en donde se proponen dos frentes de trabajo, basados en los conceptos para esta alternativa. El programa de obra propuesto es el que se muestra en el cuadro 3.4.

De acuerdo al programa de obra establecido, el tiempo de ejecución de los trabajos para esta alternativa sería aproximadamente de 35 días.

### 3.2.2.4. Ventajas del proceso

Dentro de las ventajas que presenta esta alternativa en la cual no se reaprovecha el material de demolición del pavimento de concreto, se pueden señalar las siguientes:

- i. La utilización de material nuevo para la rehabilitación de la estructura del pavimento es material de buena calidad, lo cual incrementará la vida útil del pavimento.
- ii. El material producto de la demolición podría ser reaprovechado en la elaboración de otras estructuras en diferentes obras cercanas al sitio.

ALTERNATIVA I

CUADRO 3.3

<b>PRESUPUESTO</b>					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
<b>REHABILITACIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO SIN REAPROVECHAMIENTO DEL MATERIAL DE DEMOLICIÓN. (ALTERNATIVA I)</b>					
<b>TRAMO I</b>					
0001	TRAZO Y NIVELACIÓN. CONFORMACIÓN Y NIVELACIÓN DE BASE Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DEBERÁN SER EJECUTADAS CON EXACTITUD EN CUANTO A LAS ALINEACIONES Y NIVELES INDICADOS EN LOS PLANOS DE PROYECTO O COMO LO ORDENE LA SUPERVISIÓN. INCLUYE: MATERIALES, BRIGADA TOPOGRÁFICA, HERRAMIENTA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 4.55	\$ 143,325.00
0002	FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE HASTA 10 CM DE PROFUNDIDAD DE CORTE CON MÁQUINA PERFILADORA PR-450 C INCLUYE: MARCAJE DE LINEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, CARGA CON BANDA TRANSPORTADORA A CAMIÓN VOLTEO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. (MEDIR COMPACTO).	M2	31,500.00	\$ 15.84	\$ 498,960.00
0041	ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, FUERA DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA, AL DESTINO QUE ESTÉ AUTORIZADO POR LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	3,150.00	\$ 70.12	\$ 220,878.00
0031	DEMOLICIÓN A MÁQUINA CON MARTILLO HIDRÁULICO EN LOSA DE PAVIMENTO DE CONCRETO, DE CUALQUIER ESPESOR, DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DE LA OBRA. INCLUYE: CARGA A CAMIÓN DEL MATERIAL PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 246.66	\$ 7'769,790.00
0041	ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, FUERA DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA, AL DESTINO QUE ESTÉ AUTORIZADO POR LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	9,450.00	\$ 70.12	\$ 662,634.00
0051	SUMINISTRO, MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE HIDRÁULICA DE 20 CM DE ESPESOR, FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO DE 1½" A FINOS, COMPACTADA AL 95% DEL PESO VOLUMETRICO SECO MÁXIMO. INCLUYE: CUÑAS DE SOBRE ANCHO, ACARREO DE MATERIAL, INCORPORACIÓN DE AGUA, ESCARIFICADO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTAS, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	9,450.00	\$ 177.53	\$ 1'677,658.50
0006	RIEGO DE IMPREGNACIÓN CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO RR-2K A RAZÓN DE 1,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTRO, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, CALENTAMIENTO, APLICACIÓN DEL RIEGO, MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 7.16	\$ 225,540.00
0007	RIEGO DE LIGA PARA CARPETA, CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO A RAZÓN DE 0,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTROS, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, BOMBEO, APLICACIÓN DEL RIEGO, EQUIPO, MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 3.55	\$ 111,825.00
0008	CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE PLANTA ADICIONADA CON POLÍMEROS EN EL PORCENTAJE ADECUADO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO UTILIZADO, TENDIDA CON PAVIMENTADORA, E=10 CM, COMPACTADO AL 100%. INCLUYE EL SUMINISTRO, ACARREO DEL MATERIAL, HERRAMIENTA, EQUIPO, MAQUINARIA, MANO DE OBRA, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 156.05	\$ 4'915,575.00
<b>Total de TRAMO I</b>					<b>\$ 16'226,185.50</b>

ALTERNATIVA I

CUADRO 3.3

		<b>PRESUPUESTO</b>			
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
<b>TRAMO II</b>					
0001	TRAZO Y NIVELACIÓN. CONFORMACIÓN Y NIVELACIÓN DE BASE Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DEBERÁN SER EJECUTADAS CON EXACTITUD EN CUANTO A LAS ALINEACIONES Y NIVELES INDICADOS EN LOS PLANOS DE PROYECTO O COMO LO ORDENE LA SUPERVISIÓN. INCLUYE: MATERIALES, BRIGADA TOPOGRÁFICA, HERRAMIENTA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 4.55	\$ 143,325.00
0002	FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE HASTA 10 CM DE PROFUNDIDAD DE CORTE CON MÁQUINA PERFILADORA PR-450 C INCLUYE: MARCAJE DE LINEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, CARGA CON BANDA TRANSPORTADORA A CAMIÓN VOLTEO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. (MEDIR COMPACTO).	M2	31,500.00	\$ 15.84	\$ 498,960.00
0041	ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, FUERA DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA, AL DESTINO QUE ESTÉ AUTORIZADO POR LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	3,150.00	\$ 70.12	\$ 220,878.00
0031	DEMOLICIÓN A MÁQUINA CON MARTILLO HIDRÁULICO EN LOSA DE PAVIMENTO DE CONCRETO, DE CUALQUIER ESPESOR, DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DE LA OBRA. INCLUYE: CARGA A CAMIÓN DEL MATERIAL PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 246.66	\$ 7'769,790.00
0041	ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, FUERA DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA, AL DESTINO QUE ESTÉ AUTORIZADO POR LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	9,450.00	\$ 70.12	\$ 662,634.00
0051	SUMINISTRO, MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE HIDRÁULICA DE 20 CM DE ESPESOR, FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO DE 1½" A FINOS, COMPACTADA AL 95% DEL PESO VOLUMETRICO SECO MÁXIMO. INCLUYE: CUÑAS DE SOBRE ANCHO, ACARREO DE MATERIAL, INCORPORACIÓN DE AGUA, ESCARIFICADO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTAS, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	9,450.00	\$ 177.53	\$ 1'677,658.50
0006	RIEGO DE IMPREGNACIÓN CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO RR-2K A RAZÓN DE 1,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTRO, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, CALENTAMIENTO, APLICACIÓN DEL RIEGO, MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 7.16	\$ 225,540.00
0007	RIEGO DE LIGA PARA CARPETA, CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO A RAZÓN DE 0,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTROS, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, BOMBEO, APLICACIÓN DEL RIEGO, EQUIPO, MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 3.55	\$ 111,825.00
0008	CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE PLANTA ADICIONADA CON POLÍMEROS EN EL PORCENTAJE ADECUADO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO UTILIZADO, TENDIDA CON PAVIMENTADORA, E=10 CM, COMPACTADO AL 100%. INCLUYE EL SUMINISTRO, ACARREO DEL MATERIAL, HERRAMIENTA, EQUIPO, MAQUINARIA, MANO DE OBRA, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 156.05	\$ 4'915,575.00
<b>Total de TRAMO II</b>					<b>\$ 16'226,185.50</b>
<b>Total de REHABILITACIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO SIN REAPROVECHAMIENTO DEL MATERIAL DE DEMOLICIÓN. (ALTERNATIVA I)</b>					<b>\$ 32'452,371.00</b>

ALTERNATIVA I

CUADRO 3.4

		Programa de Obra								
Conc	Descripción	Inicio	Dura	Término	Mayo 01-07	08-14	15-21	22-28	29-04	Junio 05-11
	<b>REHABILITACIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO (ALTERNATIVA 1).</b>	02/May/2011	35c	05/Jun/2011						
	<b>REHABILITACIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO MEDIANTE DEMOLICIÓN TRADICIONAL, SIN REUTILIZACIÓN DEL MATERIAL.</b>	02/May/2011	35c	05/Jun/2011						
	<b>TRAMO I</b>	02/May/2011	35c	05/Jun/2011						
0001	TRAZO Y NIVELACIÓN. CONFORMACIÓN Y NIVELACIÓN DE BASE Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DEBERÁN SER EJECUTADAS CON EXACTITUD EN CUANTO A LAS ALINEACIONES Y NIVELES INDICADOS EN LOS PLANOS DE PROYECTO O COMO LO ORDENE LA SUPERVISIÓN. INCLUYE: MATERIALES, BRIGADA TOPOGRÁFICA, HERRAMIENTA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	02/May/2011	35c	05/Jun/2011						
0002	FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE HASTA 10 CM DE PROFUNDIDAD DE CORTE CON MÁQUINA PERFILADORA PR-450 C INCLUYE: MARCAJE DE LINEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, CARGA CON BANDA TRANSPORTADORA A CAMIÓN VOLTEO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. (MEDIR COMPACTO).	02/May/2011	16c	17/May/2011						
0041	ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, FUERA DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA, AL DESTINO QUE ESTÉ AUTORIZADO POR LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	02/May/2011	16c	17/May/2011						
0031	DEMOLICIÓN A MÁQUINA CON MARTILLO HIDRÁULICO EN LOSA DE PAVIMENTO DE CONCRETO, DE CUALQUIER ESPESOR, DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DE LA OBRA. INCLUYE: CARGA A CAMIÓN DEL MATERIAL PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	02/May/2011	30c	31/May/2011						
0041	ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, FUERA DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA, AL DESTINO QUE ESTÉ AUTORIZADO POR LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	02/May/2011	30c	31/May/2011						
0051	SUMINISTRO, MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE HIDRÁULICA DE 20 CM DE ESPESOR, FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO DE 1½" A FINOS, COMPACTADA AL 95% DEL PESO VOLUMETRICO SECO MÁXIMO. INCLUYE: CUÑAS DE SOBRE ANCHO, ACARREO DE MATERIAL, INCORPORACIÓN DE AGUA, ESCARIFICADO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTAS, EQUIPO, PRUEBAS DE	13/May/2011	20c	01/Jun/2011						

ALTERNATIVA I

CUADRO 3.4

		Programa de Obra								
Conc	Descripción	Inicio	Dura	Término	Mayo 01-07	08-14	15-21	22-28	29-04	Junio 05-11
	LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.									
0006	RIEGO DE IMPREGNACIÓN CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO RR-2K A RAZÓN DE 1,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTRO, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, CALENTAMIENTO, APLICACIÓN DEL RIEGO, MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	28/May/2011	5c	01/Jun/2011						
0007	RIEGO DE LIGA PARA CARPETA, CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO A RAZÓN DE 0,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTROS, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, BOMBEO, APLICACIÓN DEL RIEGO, EQUIPO, MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	29/May/2011	5c	02/Jun/2011						
0008	CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE PLANTA ADICIONADA CON POLÍMEROS EN EL PORCENTAJE ADECUADO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO UTILIZADO, TENDIDA CON PAVIMENTADORA, E=10 CM, COMPACTADO AL 100%. INCLUYE EL SUMINISTRO, ACARREO DEL MATERIAL, HERRAMIENTA, EQUIPO, MAQUINARIA, MANO DE OBRA, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	29/May/2011	8c	05/Jun/2011						
	<b>TRAMO II</b>	<b>02/May/2011</b>	<b>35c</b>	<b>05/Jun/2011</b>						
0001	TRAZO Y NIVELACIÓN. CONFORMACIÓN Y NIVELACIÓN DE BASE Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DEBERÁN SER EJECUTADAS CON EXACTITUD EN CUANTO A LAS ALINEACIONES Y NIVELES INDICADOS EN LOS PLANOS DE PROYECTO O COMO LO ORDENE LA SUPERVISIÓN. INCLUYE: MATERIALES, BRIGADA TOPOGRÁFICA, HERRAMIENTA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	02/May/2011	35c	05/Jun/2011						
0002	FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE HASTA 10 CM DE PROFUNDIDAD DE CORTE CON MÁQUINA PERFILADORA PR-450 C INCLUYE: MARCAJE DE LINEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, CARGA CON BANDA TRANSPORTADORA A CAMIÓN VOLTEO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. (MEDIR COMPACTO).	02/May/2011	16c	17/May/2011						
0041	ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, FUERA DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA, AL DESTINO QUE ESTÉ AUTORIZADO POR LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	02/May/2011	16c	17/May/2011						

ALTERNATIVA I

CUADRO 3.4

		Programa de Obra									
Conc	Descripción	Inicio	Dura	Término	Mayo 01-07	08-14	15-21	22-28	29-04	Junio 05-11	
0031	DEMOLICIÓN A MÁQUINA CON MARTILLO HIDRÁULICO EN LOSA DE PAVIMENTO DE CONCRETO, DE CUALQUIER ESPESOR, DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DE LA OBRA. INCLUYE: CARGA A CAMIÓN DEL MATERIAL PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	02/May/2011	30c	31/May/2011							
0041	ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, FUERA DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA, AL DESTINO QUE ESTÉ AUTORIZADO POR LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	02/May/2011	30c	31/May/2011							
0051	SUMINISTRO, MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE HIDRÁULICA DE 20 CM DE ESPESOR, FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO DE 1½" A FINOS, COMPACTADA AL 95% DEL PESO VOLUMETRICO SECO MÁXIMO. INCLUYE: CUÑAS DE SOBRE ANCHO, ACARREO DE MATERIAL, INCORPORACIÓN DE AGUA, ESCARIFICADO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTAS, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	13/May/2011	20c	01/Jun/2011							
0006	RIEGO DE IMPREGNACIÓN CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO RR-2K A RAZÓN DE 1,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTRO, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, CALENTAMIENTO, APLICACIÓN DEL RIEGO, MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	28/May/2011	5c	01/Jun/2011							
0007	RIEGO DE LIGA PARA CARPETA, CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO A RAZÓN DE 0,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTROS, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, BOMBEO, APLICACIÓN DEL RIEGO, EQUIPO, MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	29/May/2011	5c	02/Jun/2011							
0008	CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE PLANTA ADICIONADA CON POLÍMEROS EN EL PORCENTAJE ADECUADO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO UTILIZADO, TENDIDA CON PAVIMENTADORA, E=10 CM, COMPACTADO AL 100%. INCLUYE EL SUMINISTRO, ACARREO DEL MATERIAL, HERRAMIENTA, EQUIPO, MAQUINARIA, MANO DE OBRA, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	29/May/2011	8c	05/Jun/2011							

### **3.2.3. Alternativa 2: Rehabilitación del pavimento de concreto mediante su demolición con técnicas tradicionales y la producción de agregados reciclados de concreto en el sitio.**

Para esta alternativa se tomarán en cuenta los aspectos más importantes para su aplicación en la rehabilitación del pavimento, en el cual se propone para la reutilización de los residuos de demolición del pavimento de concreto su demolición con técnicas tradicionales, una vez que el material ha sido demolido este es removido y transportado dentro de la obra para ser triturado para la producción de agregados reciclados de concreto, mediante este proceso es posible la reutilización de este material de demolición en la estructura del pavimento en rehabilitación.

#### **3.2.3.1. Conceptos de obra**

En esta alternativa se proponen los siguientes trabajos a manera de conceptos, con objeto de determinar lo necesario para desarrollar el proyecto. Los conceptos requeridos para esta propuesta son los que se muestran en el cuadro 3.5.

#### **3.2.3.2. Costos del proceso.**

Después del análisis de costos de cada uno de los conceptos y el costo total de los trabajos en esta segunda alternativa, se obtuvieron los resultados que se presentan en el cuadro 3.6.

De donde se tiene que el costo final de la ejecución de la obra terminada sería aproximadamente de 29.60 millones de pesos. Mientras que el costo por m<sup>2</sup> del proceso de la rehabilitación del pavimento de concreto, para este caso sería aproximadamente de \$470.00 pesos.

Los análisis de los precios a costo directo de la alternativa 2 se muestran en el apéndice II.

ALTERNATIVA II

CUADRO 3.5

<b>CONCEPTOS</b>			
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad
<b>REHABILITACION DE PAVIMENTO DE CONCRETO CON DEMOLICIÓN TRADICIONAL Y PRODUCCIÓN DE ARC.</b>			
<b>TRAMO I</b>			
0001	TRAZO Y NIVELACIÓN. CONFORMACIÓN Y NIVELACIÓN DE BASE Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DEBERÁN SER EJECUTADAS CON EXACTITUD EN CUANTO A LAS ALINEACIONES Y NIVELES INDICADOS EN LOS PLANOS DE PROYECTO O COMO LO ORDENE LA SUPERVISIÓN. INCLUYE: MATERIALES, BRIGADA TOPOGRÁFICA, HERRAMIENTA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00
0002	FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE HASTA 10 CM DE PROFUNDIDAD DE CORTE CON MÁQUINA PERFILADORA PR-450 C INCLUYE: MARCAJE DE LINEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, CARGA CON BANDA TRANSPORTADORA A CAMIÓN VOLTEO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. (MEDIR COMPACTO).	M2	31,500.00
0041	ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, FUERA DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA, AL DESTINO QUE ESTÉ AUTORIZADO POR LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	3,150.00
0031	DEMOLICIÓN A MÁQUINA CON MARTILLO HIDRÁULICO EN LOSA DE PAVIMENTO DE CONCRETO, DE CUALQUIER ESPESOR, DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DE LA OBRA. INCLUYE: CARGA A CAMIÓN DEL MATERIAL PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00
0043	ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, DENTRO DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	9,450.00
0032	SUMINISTRO, MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE HIDRÁULICA DE 20 CM DE ESPESOR, FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO DE AGREGADOS REICLADOS DE CONCRETO (ARC) 1½" A FINOS, COMPACTADA AL 95% DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO MÁXIMO. INCLUYE: CUÑAS DE SOBRE ANCHO, ACARREO DE MATERIAL, INCORPORACIÓN DE AGUA, ESCARIFICADO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTAS, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	6,615.00
01060	SUMINISTRO, MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE HIDRÁULICA DE 20 CM DE ESPESOR, FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO DE 1½" A FINOS, COMPACTADA AL 95% DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO MÁXIMO. INCLUYE: CUÑAS DE SOBRE ANCHO, ACARREO DE MATERIAL, INCORPORACIÓN DE AGUA, ESCARIFICADO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTAS, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	2,835.00
0006	RIEGO DE IMPREGNACIÓN CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO RR-2K A RAZÓN DE 1,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTRO, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, CALENTAMIENTO, APLICACIÓN DEL RIEGO, MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00
0007	RIEGO DE LIGA PARA CARPETA, CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO A RAZÓN DE 0,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTROS, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, BOMBEO, APLICACIÓN DEL RIEGO, EQUIPO, MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00
0008	CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE PLANTA ADICIONADA CON POLÍMEROS EN EL PORCENTAJE ADECUADO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO UTILIZADO, TENDIDA CON PAVIMENTADORA, E=10 CM, COMPACTADO AL 100%. INCLUYE EL SUMINISTRO, ACARREO DEL MATERIAL, HERRAMIENTA, EQUIPO, MAQUINARIA, MANO DE OBRA, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00

## ALTERNATIVA II

## CUADRO 3.5

<b>CONCEPTOS</b>				
<b>Clave</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	
<b>TRAMO II</b>				
0001	TRAZO Y NIVELACIÓN. CONFORMACIÓN Y NIVELACIÓN DE BASE Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DEBERÁN SER EJECUTADAS CON EXACTITUD EN CUANTO A LAS ALINEACIONES Y NIVELES INDICADOS EN LOS PLANOS DE PROYECTO O COMO LO ORDENE LA SUPERVISIÓN. INCLUYE: MATERIALES, BRIGADA TOPOGRÁFICA, HERRAMIENTA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	
0002	FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE HASTA 10 CM DE PROFUNDIDAD DE CORTE CON MÁQUINA PERFILADORA PR-450 C INCLUYE: MARCAJE DE LINEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, CARGA CON BANDA TRANSPORTADORA A CAMIÓN VOLTEO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. (MEDIR COMPACTO).	M2	31,500.00	
0041	ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, FUERA DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA, AL DESTINO QUE ESTÉ AUTORIZADO POR LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	3,150.00	
0031	DEMOLICIÓN A MÁQUINA CON MARTILLO HIDRÁULICO EN LOSA DE PAVIMENTO DE CONCRETO, DE CUALQUIER ESPESOR, DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DE LA OBRA. INCLUYE: CARGA A CAMIÓN DEL MATERIAL PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	
0043	ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, DENTRO DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	9,450.00	
0032	SUMINISTRO, MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE HIDRÁULICA DE 20 CM DE ESPESOR, FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO DE AGREGADOS RECICLADOS DE CONCRETO (ARC) 1½" A FINOS, COMPACTADA AL 95% DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO MÁXIMO. INCLUYE: CUÑAS DE SOBRE ANCHO, ACARREO DE MATERIAL, INCORPORACIÓN DE AGUA, ESCARIFICADO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTAS, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	6,615.00	
01060	SUMINISTRO, MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE HIDRÁULICA DE 20 CM DE ESPESOR, FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO DE 1½" A FINOS, COMPACTADA AL 95% DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO MÁXIMO. INCLUYE: CUÑAS DE SOBRE ANCHO, ACARREO DE MATERIAL, INCORPORACIÓN DE AGUA, ESCARIFICADO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTAS, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	2,835.00	
0006	RIEGO DE IMPREGNACIÓN CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO RR-2K A RAZÓN DE 1,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTRO, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, CALENTAMIENTO, APLICACIÓN DEL RIEGO, MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	
0007	RIEGO DE LIGA PARA CARPETA, CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO A RAZÓN DE 0,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTROS, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, BOMBEO, APLICACIÓN DEL RIEGO, EQUIPO, MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	
0008	CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE PLANTA ADICIONADA CON POLÍMEROS EN EL PORCENTAJE ADECUADO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO UTILIZADO, TENDIDA CON PAVIMENTADORA, E=10 CM, COMPACTADO AL 100%. INCLUYE EL SUMINISTRO, ACARREO DEL MATERIAL, HERRAMIENTA, EQUIPO, MAQUINARIA, MANO DE OBRA, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	

<b>PRESUPUESTO</b>					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
<b>REHABILITACION DE PAVIMENTO DE CONCRETO CON DEMOLICIÓN TRADICIONAL Y PRODUCCIÓN DE ARC.</b>					
<b>TRAMO I</b>					
0001	TRAZO Y NIVELACIÓN. CONFORMACIÓN Y NIVELACIÓN DE BASE Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DEBERÁN SER EJECUTADAS CON EXACTITUD EN CUANTO A LAS ALINEACIONES Y NIVELES INDICADOS EN LOS PLANOS DE PROYECTO O COMO LO ORDENE LA SUPERVISIÓN. INCLUYE: MATERIALES, BRIGADA TOPOGRÁFICA, HERRAMIENTA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 4.55	\$ 143,325.00
0002	FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE HASTA 10 CM DE PROFUNDIDAD DE CORTE CON MÁQUINA PERFILADORA PR-450 C INCLUYE: MARCAJE DE LINEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, CARGA CON BANDA TRANSPORTADORA A CAMIÓN VOLTEO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. (MEDIR COMPACTO).	M2	31,500.00	\$ 15.84	\$ 498,960.00
0041	ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, FUERA DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA, AL DESTINO QUE ESTÉ AUTORIZADO POR LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	3,150.00	\$ 70.12	\$ 220,878.00
0031	DEMOLICIÓN A MÁQUINA CON MARTILLO HIDRÁULICO EN LOSA DE PAVIMENTO DE CONCRETO, DE CUALQUIER ESPESOR, DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DE LA OBRA. INCLUYE: CARGA A CAMIÓN DEL MATERIAL PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 246.66	\$ 7'769,790.00
0043	ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, DENTRO DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	9,450.00	\$ 11.60	\$ 109,620.00
0032	SUMINISTRO, MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE HIDRÁULICA DE 20 CM DE ESPESOR, FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO DE AGREGADOS RECICLADOS DE CONCRETO (ARC) 1½" A FINOS, COMPACTADA AL 95% DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO MÁXIMO. INCLUYE: CUÑAS DE SOBRE ANCHO, ACARREO DE MATERIAL, INCORPORACIÓN DE AGUA, ESCARIFICADO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTAS, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	6,615.00	\$ 50.55	\$ 334,388.25
01060	SUMINISTRO, MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE HIDRÁULICA DE 20 CM DE ESPESOR, FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO DE 1½" A FINOS, COMPACTADA AL 95% DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO MÁXIMO. INCLUYE: CUÑAS DE SOBRE ANCHO, ACARREO DE MATERIAL, INCORPORACIÓN DE AGUA, ESCARIFICADO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTAS, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	2,835.00	\$ 177.53	\$ 503,297.55
0006	RIEGO DE IMPREGNACIÓN CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO RR-2K A RAZÓN DE 1,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTRO, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, CALENTAMIENTO, APLICACIÓN DEL RIEGO, MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 7.16	\$ 225,540.00
0007	RIEGO DE LIGA PARA CARPETA, CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO A RAZÓN DE 0,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTROS, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, BOMBEO, APLICACIÓN DEL RIEGO, EQUIPO, MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 3.55	\$ 111,825.00
0008	CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE PLANTA ADICIONADA CON POLÍMEROS EN EL PORCENTAJE ADECUADO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO UTILIZADO, TENDIDA CON PAVIMENTADORA, E=10 CM, COMPACTADO AL 100%. INCLUYE EL SUMINISTRO, ACARREO DEL MATERIAL, HERRAMIENTA, EQUIPO, MAQUINARIA, MANO DE OBRA, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 156.05	\$ 4'915,575.00
<b>Total de TRAMO I</b>					<b>\$ 14'833,198.80</b>

ALTERNATIVA II

CUADRO 3.6

PRESUPUESTO					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
<b>TRAMO II</b>					
0001	TRAZO Y NIVELACIÓN. CONFORMACIÓN Y NIVELACIÓN DE BASE Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DEBERÁN SER EJECUTADAS CON EXACTITUD EN CUANTO A LAS ALINEACIONES Y NIVELES INDICADOS EN LOS PLANOS DE PROYECTO O COMO LO ORDENE LA SUPERVISIÓN. INCLUYE: MATERIALES, BRIGADA TOPOGRÁFICA, HERRAMIENTA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 4.55	\$ 143,325.00
0002	FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE HASTA 10 CM DE PROFUNDIDAD DE CORTE CON MÁQUINA PERFILADORA PR-450 C INCLUYE: MARCAJE DE LINEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, CARGA CON BANDA TRANSPORTADORA A CAMIÓN VOLTEO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. (MEDIR COMPACTO).	M2	31,500.00	\$ 15.84	\$ 498,960.00
0041	ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, FUERA DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA, AL DESTINO QUE ESTÉ AUTORIZADO POR LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	3,150.00	\$ 70.12	\$ 220,878.00
0031	DEMOLICIÓN A MÁQUINA CON MARTILLO HIDRÁULICO EN LOSA DE PAVIMENTO DE CONCRETO, DE CUALQUIER ESPESOR, DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DE LA OBRA. INCLUYE: CARGA A CAMIÓN DEL MATERIAL PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 246.66	\$ 7'769,790.00
0043	ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, DENTRO DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	9,450.00	\$ 11.60	\$ 109,620.00
0032	SUMINISTRO, MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE HIDRÁULICA DE 20 CM DE ESPESOR, FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO DE AGREGADOS RECICLADOS DE CONCRETO (ARC) 1½" A FINOS, COMPACTADA AL 95% DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO MÁXIMO. INCLUYE: CUÑAS DE SOBRE ANCHO, ACARREO DE MATERIAL, INCORPORACIÓN DE AGUA, ESCARIFICADO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTAS, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	6,615.00	\$ 50.55	\$ 334,388.25
01060	SUMINISTRO, MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE HIDRÁULICA DE 20 CM DE ESPESOR, FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO DE 1½" A FINOS, COMPACTADA AL 95% DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO MÁXIMO. INCLUYE: CUÑAS DE SOBRE ANCHO, ACARREO DE MATERIAL, INCORPORACIÓN DE AGUA, ESCARIFICADO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTAS, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M3	2,835.00	\$ 177.53	\$ 503,297.55
0006	RIEGO DE IMPREGNACIÓN CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO RR-2K A RAZÓN DE 1,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTRO, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, CALENTAMIENTO, APLICACIÓN DEL RIEGO, MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 7.16	\$ 225,540.00
0007	RIEGO DE LIGA PARA CARPETA, CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO A RAZÓN DE 0,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTROS, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, BOMBEO, APLICACIÓN DEL RIEGO, EQUIPO, MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 3.55	\$ 111,825.00
0008	CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE PLANTA ADICIONADA CON POLÍMEROS EN EL PORCENTAJE ADECUADO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO UTILIZADO, TENDIDA CON PAVIMENTADORA, E=10 CM, COMPACTADO AL 100%. INCLUYE EL SUMINISTRO, ACARREO DEL MATERIAL, HERRAMIENTA, EQUIPO, MAQUINARIA, MANO DE OBRA, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 156.05	\$ 4'915,575.00
<b>Total de TRAMO II</b>				<b>\$ 14'833,198.80</b>	
<b>Total de REHABILITACION DE PAVIMENTO DE CONCRETO CON DEMOLICIÓN TRADICIONAL Y PRODUCCIÓN DE ARC.</b>				<b>\$ 29'666,397.60</b>	

### 3.2.3.3. Propuesta de programa de obra

Para la ejecución de los trabajos necesarios para la realización de esta alternativa se desarrollo la siguiente propuesta en donde se proponen dos frentes de trabajo, basados en los conceptos para esta alternativa. El programa de obra propuesto es el que se muestra en el cuadro 3.7.

Tomando en consideración el programa de obra establecido, el tiempo de ejecución de los trabajos sería aproximadamente de 35 días.

### 3.2.3.4. Ventajas del proceso

Dentro de las ventajas que presenta la alternativa de reutilización del material producto de los residuos de la demolición del pavimento de concreto mediante esta propuesta, se pueden señalar las siguientes:

- i. El material de demolición es removido y reciclado para la producción de agregados reciclados, el cual es reutilizado como material de base para la estructura del pavimento rehabilitado sin la necesidad de ser transportado en su totalidad, disminuyendo los costos por acarreo del material para su disposición fuera de la obra.
- ii. Disminuye los costos y la necesidad de disponer el material en un banco de tiro, o en sitios sin control contribuyendo en la disminución del impacto ambiental que generan este tipo de residuos.
- iii. Elimina parte del costo y suministro de material de base hidráulica para la rehabilitación de la nueva estructura del pavimento.

		Programa de Obra								
Conce	Descripción	Inicio	Dura	Término	Mayo 01-07	08-14	15-21	22-28	29-04	Junio 05-11
	<b>REHABILITACION DE PAVIMENTO DE CONCRETO (ALTERNATIVA 2)</b>	02/May/2011	35c	05/Jun/2011						
	<b>REHABILITACION DE PAVIMENTO DE CONCRETO CON DEMOLICIÓN TRADICIONAL Y PRODUCCIÓN DE ARC.</b>	02/May/2011	35c	05/Jun/2011						
	<b>TRAMO I</b>	02/May/2011	35c	05/Jun/2011						
0001	TRAZO Y NIVELACIÓN. CONFORMACIÓN Y NIVELACIÓN DE BASE Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DEBERÁN SER EJECUTADAS CON EXACTITUD EN CUANTO A LAS ALINEACIONES Y NIVELES INDICADOS EN LOS PLANOS DE PROYECTO O COMO LO ORDENE LA SUPERVISIÓN. INCLUYE: MATERIALES, BRIGADA TOPOGRÁFICA, HERRAMIENTA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	02/May/2011	35c	05/Jun/2011						
0002	FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE HASTA 10 CM DE PROFUNDIDAD DE CORTE CON MÁQUINA PERFILADORA PR-450 C INCLUYE: MARCAJE DE LINEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, CARGA CON BANDA TRANSPORTADORA A CAMIÓN VOLTEO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. (MEDIR COMPACTO).	02/May/2011	16c	17/May/2011						
0041	ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, FUERA DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA, AL DESTINO QUE ESTÉ AUTORIZADO POR LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	02/May/2011	16c	17/May/2011						
0031	DEMOLICIÓN A MÁQUINA CON MARTILLO HIDRÁULICO EN LOSA DE PAVIMENTO DE CONCRETO, DE CUALQUIER ESPESOR, DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DE LA OBRA. INCLUYE: CARGA A CAMIÓN DEL MATERIAL PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	02/May/2011	30c	31/May/2011						
0043	ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, DENTRO DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	02/May/2011	30c	31/May/2011						
0032	SUMINISTRO, MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE HIDRÁULICA DE 20 CM DE ESPESOR, FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO DE AGREGADOS RECICLADOS DE CONCRETO (ARC) 1 1/2" A FINOS, COMPACTADA AL 95% DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO MÁXIMO. INCLUYE: CUÑAS DE SOBRE ANCHO, ACARREO DE MATERIAL, INCORPORACIÓN DE AGUA, ESCARIFICADO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTAS, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	13/May/2011	15c	27/May/2011						
01060C	SUMINISTRO, MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE HIDRÁULICA DE 20 CM DE ESPESOR, FORMADA CON MATERIAL 100%	28/May/2011	5c	01/Jun/2011						

		Programa de Obra									
Concej	Descripción	Inicio	Dura	Término	Mayo 01-07	08-14	15-21	22-28	29-04	Junio 05-11	
	TRITURADO DE 1½" A FINOS, COMPACTADA AL 95% DEL PESO VOLUMETRICO SECO MÁXIMO. INCLUYE: CUÑAS DE SOBRE ANCHO, ACARREO DE MATERIAL, INCORPORACIÓN DE AGUA, ESCARIFICADO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTAS, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.										
0006	RIEGO DE IMPREGNACIÓN CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO RR-2K A RAZÓN DE 1,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTRO, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, CALENTAMIENTO, APLICACIÓN DEL RIEGO, MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	28/May/2011	5c	01/Jun/2011							
0007	RIEGO DE LIGA PARA CARPETA, CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO A RAZÓN DE 0,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTROS, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, BOMBEO, APLICACIÓN DEL RIEGO, EQUIPO, MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	29/May/2011	5c	02/Jun/2011							
0008	CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE PLANTA ADICIONADA CON POLÍMEROS EN EL PORCENTAJE ADECUADO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO UTILIZADO, TENDIDA CON PAVIMENTADORA, E=10 CM, COMPACTADO AL 100%. INCLUYE EL SUMINISTRO, ACARREO DEL MATERIAL, HERRAMIENTA, EQUIPO, MAQUINARIA, MANO DE OBRA, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	29/May/2011	8c	05/Jun/2011							
	<b>TRAMO II</b>	<b>02/May/2011</b>	<b>35c</b>	<b>05/Jun/2011</b>							
0001	TRAZO Y NIVELACIÓN. CONFORMACIÓN Y NIVELACIÓN DE BASE Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DEBERÁN SER EJECUTADAS CON EXACTITUD EN CUANTO A LAS ALINEACIONES Y NIVELES INDICADOS EN LOS PLANOS DE PROYECTO O COMO LO ORDENE LA SUPERVISIÓN. INCLUYE: MATERIALES, BRIGADA TOPOGRÁFICA, HERRAMIENTA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	02/May/2011	35c	05/Jun/2011							
0002	FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE HASTA 10 CM DE PROFUNDIDAD DE CORTE CON MÁQUINA PERFILADORA PR-450 C INCLUYE: MARCAJE DE LINEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, CARGA CON BANDA TRANSPORTADORA A CAMIÓN VOLTEO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. (MEDIR COMPACTO).	02/May/2011	16c	17/May/2011							
0041	ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, FUERA DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA, AL DESTINO QUE ESTÉ AUTORIZADO POR LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	02/May/2011	16c	17/May/2011							

		Programa de Obra								
Concejal	Descripción	Inicio	Dura	Término	Mayo 01-07	08-14	15-21	22-28	29-04	Junio 05-11
0031	DEMOLICIÓN A MÁQUINA CON MARTILLO HIDRÁULICO EN LOSA DE PAVIMENTO DE CONCRETO, DE CUALQUIER ESPESOR, DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DE LA OBRA. INCLUYE: CARGA A CAMIÓN DEL MATERIAL PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	02/May/2011	30c	31/May/2011						
0043	ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, DENTRO DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	02/May/2011	30c	31/May/2011						
0032	SUMINISTRO, MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE HIDRÁULICA DE 20 CM DE ESPESOR, FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO DE AGREGADOS RECICLADOS DE CONCRETO (ARC) 1½" A FINOS, COMPACTADA AL 95% DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO MÁXIMO. INCLUYE: CUÑAS DE SOBRE ANCHO, ACARREO DE MATERIAL, INCORPORACIÓN DE AGUA, ESCARIFICADO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTAS, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	13/May/2011	15c	27/May/2011						
010600	SUMINISTRO, MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE HIDRÁULICA DE 20 CM DE ESPESOR, FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO DE 1½" A FINOS, COMPACTADA AL 95% DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO MÁXIMO. INCLUYE: CUÑAS DE SOBRE ANCHO, ACARREO DE MATERIAL, INCORPORACIÓN DE AGUA, ESCARIFICADO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTAS, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	28/May/2011	5c	01/Jun/2011						
0006	RIEGO DE IMPREGNACIÓN CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO RR-2K A RAZÓN DE 1,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTRO, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, CALENTAMIENTO, APLICACIÓN DEL RIEGO, MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	28/May/2011	5c	01/Jun/2011						
0007	RIEGO DE LIGA PARA CARPETA, CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO A RAZÓN DE 0,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTROS, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, BOMBEO, APLICACIÓN DEL RIEGO, EQUIPO, MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	29/May/2011	5c	02/Jun/2011						
0008	CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE PLANTA ADICIONADA CON POLÍMEROS EN EL PORCENTAJE ADECUADO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO UTILIZADO, TENDIDA CON PAVIMENTADORA, E=10 CM. COMPACTADO AL 100%. INCLUYE EL SUMINISTRO, ACARREO DEL MATERIAL, HERRAMIENTA, EQUIPO, MAQUINARIA, MANO DE OBRA, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	29/May/2011	8c	05/Jun/2011						

### **3.2.4. Alternativa 3: Demolición del pavimento de concreto mediante la técnica de rubblizing con equipo rompedor resonante de pavimentos (RPB), y la reutilización de los residuos de demolición en el sitio.**

En esta tercera alternativa se tomarán en cuenta los aspectos más importantes para su aplicación en la rehabilitación del pavimento, en el cual se propone para la reutilización del pavimento de concreto la utilización de un equipo rompedor resonante para pavimentos, el cual como se describió anteriormente es utilizado para el proceso de demolición, además de que esta técnica permite mantener el material en el sitio sin necesidad de ser removido fuera de la obra.

#### **3.2.4.1. Conceptos de obra**

Para los trabajos a realizar, en esta alternativa se proponen los siguientes a manera de conceptos, con objeto de establecer las posibles condiciones en las cuales se podrían desarrollar los trabajos. Considerando los volúmenes de obra requeridos para el caso en estudio se tienen los siguientes conceptos que se muestran en el cuadro 3.8.

ALTERNATIVA III

CUADRO 3.8

<b>CONCEPTOS</b>				
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	
<b>REHABILITACIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO MEDIANTE SU DEMOLICIÓN CON EQUIPO RB-600 Y REAPROVECHAMIENTO DEL MATERIAL DE DEMOLICIÓN.</b>				
<b>TRAMO DE REHABILITACIÓN I</b>				
0001	TRAZO Y NIVELACIÓN. CONFORMACIÓN Y NIVELACIÓN DE BASE Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DEBERÁN SER EJECUTADAS CON EXACTITUD EN CUANTO A LAS ALINEACIONES Y NIVELES INDICADOS EN LOS PLANOS DE PROYECTO O COMO LO ORDENE LA SUPERVISIÓN. INCLUYE: MATERIALES, BRIGADA TOPOGRÁFICA, HERRAMIENTA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	
0002	FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE HASTA 10 CM DE PROFUNDIDAD DE CORTE CON MÁQUINA PERFILADORA PR-450 C INCLUYE: MARCAJE DE LINEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, CARGA CON BANDA TRANSPORTADORA A CAMIÓN VOLTEO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. (MEDIR COMPACTO).	M2	31,500.00	
0003	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO DE HASTA 30 CM DE ESPESOR, CON EQUIPO ROMPEDOR RESONANTE PARA PAVIMENTOS RB-600. INCLUYE: MARCAJE DE LÍNEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	
0004	COMPACTACIÓN DE MATERIAL CON RODILLO VIBRATORIO DE CAPA FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO Y PULVERIZADO CON EQUIPO ROMPEDOR RESONANTE. INCLUYE: INCORPORACIÓN DE AGUA, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	
0005	COMPACTACIÓN DEL MATERIAL CON EQUIPO COMPACTADOR DE LLANTAS NEUMÁTICAS DE CAPA FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO Y PULVERIZADO CON EQUIPO ROMPEDOR RESONANTE. INCLUYE: TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	
0006	RIEGO DE IMPREGNACIÓN CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO RR-2K A RAZÓN DE 1,50 L/M <sup>2</sup> . INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTRO, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, CALENTAMIENTO, APLICACIÓN DEL RIEGO, MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	
0007	RIEGO DE LIGA PARA CARPETA, CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO A RAZÓN DE 0,50 L/M <sup>2</sup> . INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTROS, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, BOMBEO, APLICACIÓN DEL RIEGO, EQUIPO, MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	
0008	CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE PLANTA ADICIONADA CON POLÍMEROS EN EL PORCENTAJE ADECUADO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO UTILIZADO, TENDIDA CON PAVIMENTADORA, E=10 CM, COMPACTADO AL 100%. INCLUYE EL SUMINISTRO, ACARREO DEL MATERIAL, HERRAMIENTA, EQUIPO, MAQUINARIA, MANO DE OBRA, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	

ALTERNATIVA III

CUADRO 3.8

<b>CONCEPTOS</b>				
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	
<b>TRAMO DE REHABILITACIÓN II</b>				
0001	TRAZO Y NIVELACIÓN. CONFORMACIÓN Y NIVELACIÓN DE BASE Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DEBERÁN SER EJECUTADAS CON EXACTITUD EN CUANTO A LAS ALINEACIONES Y NIVELES INDICADOS EN LOS PLANOS DE PROYECTO O COMO LO ORDENE LA SUPERVISIÓN. INCLUYE: MATERIALES, BRIGADA TOPOGRÁFICA, HERRAMIENTA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	
0002	FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE HASTA 10 CM DE PROFUNDIDAD DE CORTE CON MÁQUINA PERFILADORA PR-450 C INCLUYE: MARCAJE DE LINEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, CARGA CON BANDA TRANSPORTADORA A CAMIÓN VOLTEO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. (MEDIR COMPACTO).	M2	31,500.00	
0003	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO DE HASTA 30 CM DE ESPESOR, CON EQUIPO ROMPEDOR RESONANTE PARA PAVIMENTOS RB-600. INCLUYE: MARCAJE DE LÍNEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	
0004	COMPACTACIÓN DE MATERIAL CON RODILLO VIBRATORIO DE CAPA FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO Y PULVERIZADO CON EQUIPO ROMPEDOR RESONANTE. INCLUYE: INCORPORACIÓN DE AGUA, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	
0005	COMPACTACIÓN DEL MATERIAL CON EQUIPO COMPACTADOR DE LLANTAS NEUMÁTICAS DE CAPA FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO Y PULVERIZADO CON EQUIPO ROMPEDOR RESONANTE. INCLUYE: TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	
0006	RIEGO DE IMPREGNACIÓN CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO RR-2K A RAZÓN DE 1,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTRO, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, CALENTAMIENTO, APLICACIÓN DEL RIEGO, MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	
0007	RIEGO DE LIGA PARA CARPETA, CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO A RAZÓN DE 0,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTROS, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, BOMBEO, APLICACIÓN DEL RIEGO, EQUIPO, MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	
0008	CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE PLANTA ADICIONADA CON POLÍMEROS EN EL PORCENTAJE ADECUADO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO UTILIZADO, TENDIDA CON PAVIMENTADORA, E=10 CM, COMPACTADO AL 100%. INCLUYE EL SUMINISTRO, ACARREO DEL MATERIAL, HERRAMIENTA, EQUIPO, MAQUINARIA, MANO DE OBRA, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	

#### **3.2.4.2. Costos del proceso.**

Para la determinación del costo de cada uno de los conceptos y el costo total de esta tercera alternativa también se realizó el análisis de costos correspondiente, el cual se presenta en el cuadro 3.9.

De acuerdo con el análisis realizado, el costo final de la ejecución de la obra terminada sería aproximadamente de 12.80 millones de pesos, mientras que el costo por m<sup>2</sup> del proceso de la rehabilitación del pavimento de concreto, para este caso sería aproximadamente de \$220.00 pesos.

Los análisis de los precios a costo directo de la alternativa 3 se muestran en el apéndice III.

#### **3.2.4.3. Propuesta de programa de obra**

Para la ejecución de los trabajos necesarios para la realización del proyecto se hizo la siguiente propuesta en donde se propusieron dos frentes de trabajo, basados en los conceptos para esta alternativa. El programa de obra propuesto es el que se muestra en el cuadro 3.10.

Tomando en consideración el equipo requerido y el programa de obra establecido, el tiempo de ejecución de los trabajos sería aproximadamente de 25 días.

ALTERNATIVA III

CUADRO 3.9

## PRESUPUESTO

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
<b>REHABILITACIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO MEDIANTE SU DEMOLICIÓN CON EQUIPO RB-600 Y REAPROVECHAMIENTO DEL MATERIAL DE DEMOLICIÓN.</b>					
<b>TRAMO DE REHABILITACIÓN I</b>					
0001	TRAZO Y NIVELACIÓN. CONFORMACIÓN Y NIVELACIÓN DE BASE Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DEBERÁN SER EJECUTADAS CON EXACTITUD EN CUANTO A LAS ALINEACIONES Y NIVELES INDICADOS EN LOS PLANOS DE PROYECTO O COMO LO ORDENE LA SUPERVISIÓN. INCLUYE: MATERIALES, BRIGADA TOPOGRÁFICA, HERRAMIENTA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 4.56	\$ 143,640.00
0002	FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE HASTA 10 CM DE PROFUNDIDAD DE CORTE CON MÁQUINA PERFILADORA PR-450 C INCLUYE: MARCAJE DE LINEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, CARGA CON BANDA TRANSPORTADORA A CAMIÓN VOLTEO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. (MEDIR COMPACTO).	M2	31,500.00	\$ 15.85	\$ 499,275.00
0003	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO DE HASTA 30 CM DE ESPESOR, CON EQUIPO ROMPEDOR RESONANTE PARA PAVIMENTOS RB-600. INCLUYE: MARCAJE DE LÍNEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 8.05	\$ 253,575.00
0004	COMPACTACIÓN DE MATERIAL CON RODILLO VIBRATORIO DE CAPA FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO Y PULVERIZADO CON EQUIPO ROMPEDOR RESONANTE. INCLUYE: INCORPORACIÓN DE AGUA, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 5.70	\$ 179,550.00
0005	COMPACTACIÓN DEL MATERIAL CON EQUIPO COMPACTADOR DE LLANTAS NEUMÁTICAS DE CAPA FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO Y PULVERIZADO CON EQUIPO ROMPEDOR RESONANTE. INCLUYE: TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 2.57	\$ 80,955.00
0006	RIEGO DE IMPREGNACIÓN CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO RR-2K A RAZÓN DE 1,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTRO, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, CALENTAMIENTO, APLICACIÓN DEL RIEGO, MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 7.16	\$ 225,540.00
0007	RIEGO DE LIGA PARA CARPETA, CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO A RAZÓN DE 0,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTROS, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, BOMBEO, APLICACIÓN DEL RIEGO, EQUIPO, MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 3.55	\$ 111,825.00
0008	CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE PLANTA ADICIONADA CON POLÍMEROS EN EL PORCENTAJE ADECUADO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO UTILIZADO, TENDIDA CON PAVIMENTADORA, E=10 CM, COMPACTADO AL 100%. INCLUYE EL SUMINISTRO, ACARREO DEL MATERIAL, HERRAMIENTA, EQUIPO, MAQUINARIA, MANO DE OBRA, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 156.08	\$ 4'916,520.00
<b>Total de TRAMO DE REHABILITACIÓN I</b>				<b>\$</b>	<b>6'410,880.00</b>

ALTERNATIVA III

CUADRO 3.9

<b>PRESUPUESTO</b>					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
<b>TRAMO DE REHABILITACIÓN II</b>					
0001	TRAZO Y NIVELACIÓN. CONFORMACIÓN Y NIVELACIÓN DE BASE Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DEBERÁN SER EJECUTADAS CON EXACTITUD EN CUANTO A LAS ALINEACIONES Y NIVELES INDICADOS EN LOS PLANOS DE PROYECTO O COMO LO ORDENE LA SUPERVISIÓN. INCLUYE: MATERIALES, BRIGADA TOPOGRÁFICA, HERRAMIENTA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 4.56	\$ 143,640.00
0002	FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE HASTA 10 CM DE PROFUNDIDAD DE CORTE CON MÁQUINA PERFILADORA PR-450 C INCLUYE: MARCAJE DE LINEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, CARGA CON BANDA TRANSPORTADORA A CAMIÓN VOLTEO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. (MEDIR COMPACTO).	M2	31,500.00	\$ 15.85	\$ 499,275.00
0003	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO DE HASTA 30 CM DE ESPESOR, CON EQUIPO ROMPEDOR RESONANTE PARA PAVIMENTOS RB-600. INCLUYE: MARCAJE DE LINEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 8.05	\$ 253,575.00
0004	COMPACTACIÓN DE MATERIAL CON RODILLO VIBRATORIO DE CAPA FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO Y PULVERIZADO CON EQUIPO ROMPEDOR RESONANTE. INCLUYE: INCORPORACIÓN DE AGUA, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 5.70	\$ 179,550.00
0005	COMPACTACIÓN DEL MATERIAL CON EQUIPO COMPACTADOR DE LLANTAS NEUMÁTICAS DE CAPA FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO Y PULVERIZADO CON EQUIPO ROMPEDOR RESONANTE. INCLUYE: TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 2.57	\$ 80,955.00
0006	RIEGO DE IMPREGNACIÓN CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO RR-2K A RAZÓN DE 1,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTRO, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, CALENTAMIENTO, APLICACIÓN DEL RIEGO, MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 7.16	\$ 225,540.00
0007	RIEGO DE LIGA PARA CARPETA, CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO A RAZÓN DE 0,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTROS, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, BOMBEO, APLICACIÓN DEL RIEGO, EQUIPO, MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 3.55	\$ 111,825.00
0008	CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE PLANTA ADICIONADA CON POLÍMEROS EN EL PORCENTAJE ADECUADO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO UTILIZADO, TENDIDA CON PAVIMENTADORA, E=10 CM, COMPACTADO AL 100%. INCLUYE EL SUMINISTRO, ACARREO DEL MATERIAL, HERRAMIENTA, EQUIPO, MAQUINARIA, MANO DE OBRA, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	M2	31,500.00	\$ 156.08	\$ 4'916,520.00
<b>Total de TRAMO DE REHABILITACIÓN II</b>					<b>\$ 6'410,880.00</b>
<b>Total de REHABILITACIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO MEDIANTE SU DEMOLICIÓN CON EQUIPO RB-600 Y REAPROVECHAMIENTO DEL MATERIAL DE DEMOLICIÓN.</b>					<b>\$ 12'821,760.00</b>

## ALTERNATIVA III

CUADRO 3.10

		Programa de Obra							
Conc	Descripción	Inicio	Dura	Término	Mayo 01-07	08-14	15-21	22-28	
	<b>REHABILITACIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO (ALTERNATIVA 3)</b>	02/May/2011	25c	26/May/2011					
	<b>REHABILITACIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO MEDIANTE DEMOLICIÓN CON EQUIPO RB-600</b>	02/May/2011	25c	26/May/2011					
	<b>TRAMO I</b>	02/May/2011	24c	25/May/2011					
0001	TRAZO Y NIVELACIÓN. CONFORMACIÓN Y NIVELACIÓN DE BASE Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DEBERÁN SER EJECUTADAS CON EXACTITUD EN CUANTO A LAS ALINEACIONES Y NIVELES INDICADOS EN LOS PLANOS DE PROYECTO O COMO LO ORDENE LA SUPERVISIÓN. INCLUYE: MATERIALES, BRIGADA TOPOGRÁFICA, HERRAMIENTA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	02/May/2011	24c	25/May/2011					
0002	FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE HASTA 10 CM DE PROFUNDIDAD DE CORTE CON MÁQUINA PERFILADORA PR-450 C INCLUYE: MARCAJE DE LINEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, CARGA CON BANDA TRANSPORTADORA A CAMIÓN VOLTEO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. (MEDIR COMPACTO).	02/May/2011	16c	17/May/2011					
0003	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO DE HASTA 30 CM DE ESPESOR, CON EQUIPO ROMPEDOR RESONANTE PARA PAVIMENTOS, CON EQUIPO RB 600. INCLUYE: MARCAJE DE LÍNEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	16/May/2011	3c	18/May/2011					
0004	COMPACTACIÓN DE MATERIAL CON RODILLO VIBRATORIO DE CAPA FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO Y PULVERIZADO CON EQUIPO ROMPEDOR RESONANTE. INCLUYE: INCORPORACIÓN DE AGUA, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	16/May/2011	6c	21/May/2011					
0005	COMPACTACIÓN DEL MATERIAL CON EQUIPO COMPACTADOR DE LLANTAS NEUMÁTICAS DE CAPA FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO Y PULVERIZADO CON EQUIPO ROMPEDOR RESONANTE. INCLUYE: TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	16/May/2011	6c	21/May/2011					
0006	RIEGO DE IMPREGNACIÓN CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO RR-2K A RAZÓN DE 1,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTRO, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, CALENTAMIENTO, APLICACIÓN DEL RIEGO,	17/May/2011	5c	21/May/2011					

Programa de Obra								
Conc	Descripción	Inicio	Dura	Término	Mayo 01-07	08-14	15-21	22-28
	MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.							
0007	RIEGO DE LIGA PARA CARPETA, CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO A RAZÓN DE 0,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTROS, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, BOMBEO, APLICACIÓN DEL RIEGO, EQUIPO, MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	18/May/2011	5c	22/May/2011				
0008	CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE PLANTA ADICIONADA CON POLÍMEROS EN EL PORCENTAJE ADECUADO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO UTILIZADO, TENDIDA CON PAVIMENTADORA, E=10 CM, COMPACTADO AL 100%. INCLUYE EL SUMINISTRO, ACARREO DEL MATERIAL, HERRAMIENTA, EQUIPO, MAQUINARIA, MANO DE OBRA, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	18/May/2011	8c	25/May/2011				
	<b>TRAMO II</b>	<b>02/May/2011</b>	<b>25c</b>	<b>26/May/2011</b>				
0001	TRAZO Y NIVELACIÓN. CONFORMACIÓN Y NIVELACIÓN DE BASE Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DEBERÁN SER EJECUTADAS CON EXACTITUD EN CUANTO A LAS ALINEACIONES Y NIVELES INDICADOS EN LOS PLANOS DE PROYECTO O COMO LO ORDENE LA SUPERVISIÓN. INCLUYE: MATERIALES, BRIGADA TOPOGRÁFICA, HERRAMIENTA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	02/May/2011	24c	25/May/2011				
0002	FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE HASTA 10 CM DE PROFUNDIDAD DE CORTE CON MÁQUINA PERFILADORA PR-450 C INCLUYE: MARCAJE DE LINEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, CARGA CON BANDA TRANSPORTADORA A CAMIÓN VOLTEO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. (MEDIR COMPACTO).	02/May/2011	16c	17/May/2011				
0003	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO DE HASTA 30 CM DE ESPESOR, CON EQUIPO ROMPEDOR RESONANTE PARA PAVIMENTOS, CON EQUIPO RB 600. INCLUYE: MARCAJE DE LÍNEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	17/May/2011	3c	19/May/2011				
0004	COMPACTACIÓN DE MATERIAL CON RODILLO VIBRATORIO DE CAPA FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO Y PULVERIZADO CON	17/May/2011	6c	22/May/2011				

ALTERNATIVA III

CUADRO 3.10

Programa de Obra								
Conc	Descripción	Inicio	Dura	Término	Mayo 01-07	08-14	15-21	22-28
	EQUIPO ROMPEDOR RESONANTE. INCLUYE: INCORPORACIÓN DE AGUA, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.							
0005	COMPACTACIÓN DEL MATERIAL CON EQUIPO COMPACTADOR DE LLANTAS NEUMÁTICAS DE CAPA FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO Y PULVERIZADO CON EQUIPO ROMPEDOR RESONANTE. INCLUYE: TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	17/May/2011	6c	22/May/2011				
0006	RIEGO DE IMPREGNACIÓN CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO RR-2K A RAZÓN DE 1,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTRO, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, CALENTAMIENTO, APLICACIÓN DEL RIEGO, MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	18/May/2011	5c	22/May/2011				
0007	RIEGO DE LIGA PARA CARPETA, CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO A RAZÓN DE 0,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTROS, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, BOMBEO, APLICACIÓN DEL RIEGO, EQUIPO, MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	19/May/2011	5c	23/May/2011				
0008	CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE PLANTA ADICIONADA CON POLÍMEROS EN EL PORCENTAJE ADECUADO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO UTILIZADO, TENDIDA CON PAVIMENTADORA, E=10 CM, COMPACTADO AL 100%. INCLUYE EL SUMINISTRO, ACARREO DEL MATERIAL, HERRAMIENTA, EQUIPO, MAQUINARIA, MANO DE OBRA, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.	19/May/2011	8c	26/May/2011				

#### 3.2.4.4. Ventajas del proceso de rubblizing

Dentro de las ventajas que presenta la alternativa de la reutilización del material producto de los residuos de la demolición del pavimento de concreto mediante la técnica rubblizing, se pueden señalar las siguientes:

1. El material de demolición es reutilizado como material de base para la estructura del pavimento rehabilitado sin la necesidad de ser removido del sitio, lo cual elimina directamente los costos de remoción, carga y acarreo del material para su disposición fuera de la obra.
2. El tiempo de ejecución de los trabajos de demolición y de la rehabilitación total de la estructura del pavimento es relativamente corto en comparación con otras técnicas de reconstrucción.
3. Elimina los costos y la necesidad de disponer el material en un banco de tiro, o en sitios sin control contribuyendo en la disminución del impacto ambiental que se genera con este tipo de residuos.
4. Elimina la necesidad de suministro y costo de material de base hidráulica para la rehabilitación de la nueva estructura del pavimento.
5. Se elimina el problema de reflexión de grietas en la superficie de asfalto al convertir el pavimento rígido en un pavimento flexible.
6. Contribuye de manera significativa a la extensión de la vida útil de la estructura del pavimento rehabilitada.

### **3.3. Evaluación comparativa de las alternativas propuestas para la rehabilitación del pavimento de concreto de una aeropista.**

Dentro de las principales diferencias que se pueden observar en las alternativas propuestas para la rehabilitación del pavimento de concreto se puede señalar lo siguiente;

En la primera alternativa al no considerarse un reaprovechamiento del material de demolición esta representa varias desventajas, ya que el material producto de demolición es tratado como desperdicio y desechado fuera de la obra, produciendo gastos por acarreo del material, lo cual incrementa de manera significativa el costo de los trabajos. El equipo utilizado en esta alternativa genera costos horarios muy elevados además de requerir mayor tiempo para la ejecución de los trabajos de demolición y de transporte, lo cual repercute directamente en el incremento del tiempo necesario en el programa de obra propuesto, por lo que se considera que esta alternativa no es favorable para la rehabilitación del pavimento si se desea contribuir en la disminución de costos, tiempo y de materiales de desperdicio.

En la segunda alternativa se propone la opción de reaprovechar el material de demolición del pavimento de concreto mediante la producción de agregados reciclados de concreto dentro de la misma obra, de tal manera que ésta propuesta presenta algunas ventajas importantes, ya que se reaprovecha un porcentaje del material para la rehabilitación de la estructura del mismo pavimento, además de reducir los costos por acarreo de material de demolición para su disposición fuera de la obra. Por otra parte, en cuanto a los costos de esta alternativa, estos siguen siendo elevados debido al equipo propuesto para los trabajos, el cual es similar al propuesto en la alternativa anterior, lo que también mantiene elevados los costos horarios, además de requerir de un plazo similar para la ejecución de los trabajos, generando así un costo elevado para la rehabilitación del pavimento. Sin embargo, esta alternativa representa una opción importante para la reutilización del material de demolición desde el punto de vista ambiental, ya que disminuye la generación de residuos y la consecuente necesidad de disponer de estos en tiraderos, con lo que se contribuye de manera significativa en la preservación del medio ambiente.

En la tercera alternativa se presenta una propuesta en la que existen varias ventajas al ser un proceso en el cual se reutiliza el material de demolición sin la necesidad de tener que ser removido del sitio, reaprovechando la totalidad del material de demolición de concreto en la rehabilitación del pavimento, eliminando por completo los costos por acarreo de material de demolición y la necesidad de sustituir el material de la estructura por materiales nuevos. El equipo propuesto en esta alternativa para la demolición del pavimento de concreto, disminuye de manera significativa el costo del proceso de demolición y en mayor proporción el tiempo de ejecución del proceso debido a su efectividad y eficiencia, lo cual representa una gran ventaja en este tipo de obras, por lo que el tiempo requerido para la ejecución de los trabajos es relativamente corto en comparación con las alternativas anteriores, repercutiendo directamente en la disminución del costo total de los trabajos. También debido a que el material de demolición es material de muy buena calidad, la estructura del pavimento podrá tener un buen desempeño durante su vida útil. Desde el punto de vista ambiental, con esta alternativa se contribuye de manera significativa en la eliminación de residuos de demolición que se pudieran generar para su posterior disposición fuera de la obra, lo cual es uno de los aspectos fundamentales a tomar en consideración en este tipo de obras para la rehabilitación de pavimentos de concreto.

En el siguiente cuadro comparativo se resumen algunos aspectos importantes tales como los costos de cada una de las alternativas, de las cuales se pueden observar algunas diferencias importantes.

CONCEPTO	ALTERNATIVA		
	I	II	III
Costo por metro cuadrado (pesos)	\$520.00	\$470.00	\$220.00
Costo total ( millones )	32.45	29.6	12.8
Tiempo total de ejecución de los trabajos (d.c.)	35	35	25
Material de desperdicio (en porcentaje)	100	35-45	≤ 5

Cuadro 3.11. Cuadro comparativo entre las tres alternativas propuestas para la rehabilitación de un pavimento de concreto en una aeropista.

### 3.4. Conclusiones capitulares

La infraestructura con la que cuentan la mayoría de los aeropuertos con pavimentos de concreto es relativamente vieja, y aunque actualmente siguen operando, algunos de estos han rebasado ya sus límites de diseño y de servicio para los cuales fueron construidos originalmente. Además debido a los requerimientos de aeronaves con mayores cargas como las Airbus, así como el envejecimiento de los pavimentos, se producirá que las condiciones de este tipo de pavimentos en un futuro próximo alcancen un punto crítico en donde se requerirá de una rehabilitación mayor para su buen funcionamiento.

Por lo tanto, las aeropistas, carreteras y vialidades urbanas, que cuentan con un pavimento de concreto en su estructura, son obras con un alto grado de aplicación para las alternativas descritas en el presente trabajo, por lo que cuando sea necesaria su rehabilitación en la que se requiera la reconstrucción parcial o total del pavimento, estas alternativas podrán ser consideradas como parte de la solución en el mantenimiento de este tipo obras en el país.

Finalmente, de las alternativas analizadas se hace notar que existe una gran diferencia en cuanto al tiempo y costo en la aplicación de la tercera alternativa con respecto a las primeras dos, por lo que ésta se puede establecer como una muy buena opción para la rehabilitación de pavimentos de concreto en aeropistas desde el punto de vista económico. La aplicación de este proceso puede ser utilizado en obras similares en donde se requiera la demolición parcial o total de un pavimento, siempre que se consideren cada uno de los aspectos constructivos y económicos pertinentes para cada caso en particular.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Dentro de la problemática expuesta en este trabajo de investigación se tienen puntos importantes de los que se derivan las conclusiones y recomendaciones a los que a continuación se hace referencia;

Respecto a la generación y el manejo de los residuos de la construcción y de demolición en el país y a nivel internacional, es importante que se desarrollen cada vez más, nuevas y mejores alternativas para el reaprovechamiento de este tipo de residuos, considerando la importancia y las ventajas que se tienen al contar con materiales que pueden ser reutilizados tanto en la construcción y/o rehabilitación de pavimentos en carreteras, como en vialidades urbanas, aeropuertos, edificaciones así como en otro tipo de obras.

Es importante que las autoridades tanto federales, como estatales y municipales encargadas del manejo de los residuos, lleven a cabo estudios para que mediante estos se elaboren los diagnósticos pertinentes para la caracterización de los materiales y conocer los porcentajes de los residuos de la construcción y de demolición, logrando así determinar las estrategias de solución para el control y el manejo de manera integral de este tipo de residuos en cada localidad del país.

Aunque ya existen algunas normas para el manejo de los residuos de la construcción y de demolición como es el caso del Distrito Federal y el Estado de México, solo estos cuentan con normas que toman en cuenta esta problemática, lo cual es insuficiente ya que desafortunadamente si no se establecen este tipo de normas en las entidades restantes del país, la generación de estos residuos se seguirá depositando de manera clandestina en sitios sin control como ha sido la práctica hasta ahora en la mayoría de los casos en las ciudades del país.

Las autoridades deberán de generar las condiciones necesarias para que las normas sean llevadas a cabo de manera efectiva, supervisando las acciones de los generadores de residuos de la construcción y de demolición. Si bien, todavía no se cuenta con la presencia de algún instituto que regule la calidad de los materiales a emplear y que sean producidos bajo procedimientos de reciclaje, es importante que se trabaje de manera coordinada por parte de las autoridades responsables e institutos para establecer las condiciones necesarias y llevar a cabo un control adecuado de los materiales y los procesos para su reutilización.

La aplicación de las alternativas consideradas para el reaprovechamiento de los residuos de demolición de pavimentos de concreto muestran claramente una disminución en cuanto al costo y el tiempo para la rehabilitación de un pavimento de concreto, en el caso particular de la tercera alternativa propuesta se puede comprobar que existen grandes ventajas en este aspecto en comparación con la aplicación de otras alternativas, con lo que se aprueba la primera hipótesis planteada.

La disminución o eliminación del desperdicio de los residuos de demolición de pavimentos de concreto, sí es posible mediante la aplicación de las técnicas revisadas para el reaprovechamiento de este tipo de residuos, ya que se contribuye de manera importante en la preservación de recursos a través de la reutilización de materiales en el campo de la construcción, por lo que se coincide positivamente en la segunda hipótesis planteada.

Los grandes volúmenes de material generados por la demolición y desperdicio de pavimentos de concreto, así como también de otro tipo de estructuras, son una problemática constante de contaminación ambiental, ya que se requieren cada vez más sitios para su disposición final, por lo que alternativas como las que se presentan este trabajo para la reutilización de estos materiales, pueden ser consideradas como una solución viable para disminuir y evitar al máximo la generación de este y otro tipo de residuos.

En México son pocas las acciones que se realizan para el reaprovechamiento de materiales producidos por la demolición de estructuras, por lo que la rehabilitación de pavimentos de concreto mediante la aplicación de técnicas como la del triturado/pulverizado "rubblizing", o la producción de agregados reciclados de concreto para la reutilización de material producto de

---

demolición, son alternativas que además de brindar una solución en la reconstrucción de pavimentos de concreto, contribuyen en la disminución del desperdicio de materiales, así como en la eliminación de los costos que se generan por el transporte y la disposición final de este tipo de residuos, además de contribuir de manera positiva en el cuidado del medio ambiente.

En el caso de algunas regiones en donde es necesaria la extracción de agregados naturales, pero que por diversos factores es difícil o escasa su obtención, la reutilización de los residuos de la demolición de estructuras, representa una alternativa muy importante como fuente de producción de este tipo de materiales.

Dentro de las recomendaciones para futuras investigaciones, se sugiere la elaboración de estudios en cuanto a las propiedades físicas y mecánicas del material producto de la demolición de pavimentos de concreto que puede ser mediante cada una de las técnicas descritas.

De los temas en los que se requerirá un mayor estudio para su aplicación, es el diseño de pavimentos flexibles con materiales reciclados o material triturado con equipo rompedor resonante, que pueden ser elaborados para el caso de aeropistas o para carreteras que cuenten con un pavimento de concreto. Otro tema que también puede ser considerado para su estudio es el diseño de pavimentos rígidos para aeropistas o para el caso de caminos, utilizando agregados reciclados de concreto o la reutilización de material de demolición mediante la técnica de rubblizing.

Finalmente, este trabajo de investigación ha sido realizado con el propósito de proponer alternativas que permitan por una parte, el reaprovechamiento de los residuos de demolición y que al mismo tiempo sean una solución en la rehabilitación de pavimentos de concreto, además de tratar de impulsar el desarrollo de otras investigaciones que sean consideradas como necesarias para la aportación de nuevas y mejores alternativas que contribuyan a la solución de esta problemática.

**BIBLIOGRAFÍA**

- ACPA; *Rubblizing of Concrete Pavements: A Discussion of its Use*; American Concrete Pavement Association, 1998.
- A. YRJANSON William; *Recycling of Portland Cement Concrete Pavements*; Transportation Research Board; Washington, D.C., December 1989.
- BUNCHER M., SCULLION T., FITTS G., MCQUEEN R.; *Airfield Asphalt Pavement Technology Program Project 04-01: Development of Guidelines for Rubblization Final Report*; Asphalt Institute; May 2008.
- BUNCHER M., SCULLION T., FITTS G., MCQUEEN R.; *Material Characterization and other Thickness Design Considerations for Airfield Pavement Rubblization*; FAA Worldwide Airport Technology Transfer Conference; Atlantic City, New Jersey, USA, April 2007.
- BUNCHER M., JONES W.; *Rubblization of Airfields Pavements: State of the Practice*; TRC Circular E-C087, Transportation Research Board, January 2006.
- DECKER D., HANSEN K.; *Design and Construction of HMA Overlays on Rubblized PCC Pavements: State of the Practice*; TRC Circular E-C087, Transportation Research Board, January 2006.
- ELIAS C., Xavier; *Reciclaje de Residuos Industriales, aplicación a la fabricación de materiales para la construcción*; Ediciones Díaz de Santos S.A.; Madrid, España, 2000.
- FITTS G.; *Rubblization Using Resonant Frequency Equipment*; TRC Circular E-C087, Transportation Research Board, January 2006.

- HANSEN T.S.; *Recycling of Demolished Concrete and Masonry, RILEM REPORT 6*, Ed. E & FN Spon; London, 1992.
- IMCYC; *Demolición de Estructuras de Concreto Reforzado y Presforzado; Demolition of Reinforced and Prestressed Concrete Structures; (Federation Internationale de la Précontrainte, 1982) Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., 1984.*
- IMCYC (Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto, A.C.); *Recomendaciones para la Construcción de Pavimentos y Bases de Concreto, Limusa Noriega.*
- LONDOÑO C.; *Reciclaje de Pavimentos de Concreto; Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC), 2005.*
- MACK J., SOLBERG C., VOIGT G.; *Recycling Concrete Pavement; Publication No. TB-014P, American Concrete Pavement Association (ACPA), Skokie, IL., 1993.*
- RIVERA E., Gustavo; *Reciclado de Pavimentos en Frío Empleando emulsiones Asfálticas Catiónicas; Alfa Omega, México, 1997.*
- SEMARNAP; *Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México, 1996-2000; Instituto Nacional de Ecología – SEMARNAP, mayo 1997.*
- THENOUX G., GONZÁLEZ M.; *Rehabilitación de Pavimentos de Hormigón empleando la técnica de trituración/fracturación (rubblizing). Evaluación Capacidad Estructural; Materiales de Construcción, Vol. 59, Madrid, España, enero-marzo 2009.*
- THENOUX G., GONZÁLEZ M., GARNICA P.; *Rehabilitación y Reciclado de Pavimentos de Concreto con la Técnica de Pulverización/Trituración (rubblizing); Asfáltica Revista Técnica, Asociación Mexicana del Asfalto, A.C., enero 2010.*

- THOMPSON M.; *Hot-Mix Asphalt Overlay Design Concepts for Rubblized Portland Cement Concrete Pavement*; Transportation Research Record, 1684 (1999).
- THOMPSON M.; *Rubblization Using Multi-Head Breaker Equipment*; TRC Circular E-C087, Transportation Research Board, January 2006.
- TREJO V., Rodolfo; *Procesamiento de la Basura Urbana*; Editorial Trillas, 3ra reimpresión, octubre 1999.

**Tesis relacionadas con el tema:**

- FUNG WING KUN; *The Use of Recycled Concrete in Construction*; P.H.D. Thesis, The University of Hong Kong; January 2005.
  - MARTEL VARGAS, Guerry J.; *Caracterización de Residuos de la Construcción y Demolición de Edificaciones para su Reaprovechamiento*; Tesis de Grado, DEPFI UNAM; 2008.
  - MARTINEZ SOTO, Iris E.; *Reciclaje de Concreto Premezclado para la Fabricación de Agregados*; Tesis de Grado, DEPFI UNAM; febrero 2005.
  - RIVERA MERA, Claudia J.; *Análisis de Impacto Ambiental por la Inadecuada Disposición de Residuos de la Construcción y Demolición en el Valle de México y Propuestas de Solución*; Tesis de Grado, DEPFI UNAM; 2007.
  - RIVERA VALDOVINOS, Claudia L.; *Análisis Ambiental para el Mercado de los Residuos de la Construcción en la Zona Metropolitana de la ciudad de México*; Tesis de Grado, DEPFI UNAM; noviembre, 2008.
  - VEGA AZAMAR, Ricardo E.; *Reciclaje y reaprovechamiento de residuos de la construcción y demolición*; Tesis de Grado, DEPFI UNAM; septiembre 2001.
-

**Artículos:**

- Comité Técnico de Firmes Flexibles de la ATC; *Reciclado de Pavimentos, SCT. Artículo, enero 2001.*
  
- ROLÓN AGUILAR J.C., NIEVES MENDOZA D., ET AL.; *Caracterización del hormigón con áridos reciclados producto de la demolición de estructuras de hormigón; Materiales de Construcción Vol. 57, México-España diciembre 2007.*
  
- KAWANO, HIROTAKA; *The State of Using By-products in Concrete in Japan and Outline of JIS/TR on "Recycled Concrete using Recycled Aggregates" 1st fib Conference 2002.*
  
- CRAWFORD H.S.; *Market Development Study For Recycled Aggregate Products; Waste Reduction Advisory Committee, Alberta, Canadá, 2001.*

**Páginas consultadas en internet:**

- American Concrete Pavement Association  
<http://www.acpa.org/>
  
- Antigo Construction  
<http://www.antigoconstruction.com/>
  
- Aeropuertos y Servicios Auxiliares  
<http://www.asa.gob.mx/wb/webasa/asa>
  
- Asphalt Institute  
<http://www.asphaltinstitute.org/>

- Concretos Reciclados

<http://www.concretosreciclados.com.mx/>

- Federal Highway Administration

<http://www.fhwa.dot.gov/>

- Instituto Mexicano del Transporte

<http://www.imt.mx/>

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía

<http://www.inegi.org.mx/>

- Resonant Machines

<http://www.resonantmachines.com/>

- Secretaría de Comunicaciones y Transportes

<http://www.sct.gob.mx/>

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

<http://www.semarnat.gob.mx/Pages/Inicio.aspx>

# **APÉNDICES**

ALTERNATIVA I

APÉNDICE I

<b>Análisis de precios a costo directo</b>
--

<b>Descripción</b>
--------------------

Clave: 0001

TRAZO Y NIVELACIÓN. CONFORMACIÓN Y NIVELACIÓN DE BASE Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DEBERÁN SER EJECUTADAS CON EXACTITUD EN CUANTO A LAS ALINEACIONES Y NIVELES INDICADOS EN LOS PLANOS DE PROYECTO O COMO LO ORDENE LA SUPERVISIÓN. INCLUYE: MATERIALES, BRIGADA TOPOGRÁFICA, HERRAMIENTA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.

Unidad : M2  
Cantidad : 31,500.00

C Clave	D: R Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Materiales</b>					
	HILO CAÑAMO	ROLLO	0.00800	\$17.00	\$0.14
	CALHIDRA CALHIDRATADA	TON	0.00071	\$980.00	\$0.70
	MAD BARROTE MADERA DE PINO DE 3A. EN BARROTE DE 2" X 4"	PT	0.01220	\$36.00	\$0.44
<b>Total de Materiales</b>					<b>\$1.28</b>
<b>Mano de Obra</b>					
	+ CUAD TOPOGRAF	X CUADRILLA DE TOPOGRAFÍA	JOR	0.00222	\$978.42
<b>Total de Mano de Obra</b>					<b>\$2.17</b>
<b>Herramienta</b>					
	% HTAS	PORCENTAJE MANO DE OBRA	(%)MO	0.03000	\$2.17
<b>Total de Herramienta</b>					<b>\$0.07</b>
<b>Equipo</b>					
	H NIVEL	NIVEL SOKKIA	HR	0.00667	\$24.46
	H ESTACION SE	ESTACION TOTAL SOKIA	HR	0.00667	\$130.69
<b>Total de Equipo</b>					<b>\$1.03</b>
<b>Costo Directo</b>					<b>\$4.55</b>

\*\* CUATRO PESOS 55/100 M.N. \*\*

ALTERNATIVA I

APÉNDICE I

**Análisis de precios a costo directo**

**Descripción**

Clave: 0002

FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE HASTA 10 CM DE PROFUNDIDAD DE CORTE CON MÁQUINA PERFILADORA PR-450 C INCLUYE: MARCAJE DE LINEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, CARGA CON BANDA TRANSPORTADORA A CAMIÓN VOLTEO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. (MEDIR COMPACTO).

Unidad : M2  
Cantidad : 31,500.00

C	Clave	D: R	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Mano de Obra</b>							
+	CUAD 4 00-0001		CUADRILLA No 4 ( 4 PEONES ) HERRAMIENTA MENOR	JOR (%)mo	0.00012 0.03000	\$1,126.84 \$0.14	\$0.14 \$0.00
<b>Total de Mano de Obra</b>							<b>\$0.14</b>
<b>Equipo</b>							
H	03-4594	X	PERFILADORA DE PAVIMENTOS ROADTEC RX60 PAVEMENT PROFILER, s/n: 399 c/w: Cummins KTA19C, 600 hp, 86 in. drum, disch conv, electronic grade controls	HR	0.01221	\$1,285.91	\$15.70
<b>Total de Equipo</b>							<b>\$15.70</b>
						<b>Costo Directo</b>	<b>\$15.84</b>

**\*\* QUINCE PESOS 84/100 M.N. \*\***

ALTERNATIVA I

APÉNDICE I

<b>Análisis de precios a costo directo</b>
--

<b>Descripción</b>
--------------------

Clave: 0041

ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, FUERA DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA, AL DESTINO QUE ESTÉ AUTORIZADO POR LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.

Unidad : M3

Cantidad : 3,150.00

C	Clave	D: R Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Materiales</b>						
	PAGO BANCO	PAGO DERECHOS DE BANCO DE TIRO	M3	1.30000	\$3.50	\$4.55
<b>Total de Materiales</b>						<b>\$4.55</b>
<b>Auxiliares</b>						
	+ ACARRREO 1ER KM	ACRREO 1ER KM	M3	1.30000	\$5.46	\$7.10
	+ ACARRREO SUBS	ACRREO KMS SUBSECUENTES	M3	16.90000	\$3.46	\$58.47
<b>Total de Auxiliares</b>						<b>\$65.57</b>

<b>Costo Directo</b>	<b>\$70.12</b>
----------------------	----------------

\*\* SETENTA PESOS 12/100 M.N. \*\*

**Análisis de precios a costo directo**

**Descripción**

Clave: 0031  
 DEMOLICIÓN A MÁQUINA CON MARTILLO HIDRÁULICO EN LOSA DE PAVIMENTO DE CONCRETO, DE CUALQUIER ESPESOR, DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DE LA OBRA. INCLUYE: CARGA A CAMIÓN DEL MATERIAL PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.      Unidad :      M2  
 Cantidad :      31,500.00

C Clave	D: R	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Mano de Obra</b>						
+ 02-0770	X	CUADRILLA No 77 ( 1 SOLDADOR + 1 AYUDANTE DE SOLDADOR )	JOR	0.10149	\$415.78	\$42.20
+ CUAD 4 00-0001		CUADRILLA No 4 ( 4 PEONES ) HERRAMIENTA MENOR	JOR (%)mo	0.07557 0.03000	\$1,126.84 \$127.36	\$85.16 \$3.82
<b>Total de Mano de Obra</b>						<b>\$131.18</b>
<b>Equipo</b>						
H 03-4662		RETROEXCAVADORA 325 CATERPILLAR CON MARTILLO.	hora	0.06001	\$1,919.47	\$115.19
H 03-4220		EQUIPO DE CORTE DE OXI-ACETILENO CON ACCESORIOS HARRIS	Hora	0.09606	\$3.05	\$0.29
<b>Total de Equipo</b>						<b>\$115.48</b>
<b>Costo Directo</b>						<b>\$246.66</b>

**\*\* DOSCIENTOS CUARENTA Y SEIS PESOS 66/100 M.N. \*\***

ALTERNATIVA I

APÉNDICE I

<b>Análisis de precios a costo directo</b>
--

<b>Descripción</b>
--------------------

Clave: 0041

ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, FUERA DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA, AL DESTINO QUE ESTÉ AUTORIZADO POR LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.

Unidad : M3

Cantidad : 9,450.00

C Clave	D: R Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Materiales</b>					
PAGO BANCO	PAGO DERECHOS DE BANCO DE TIRO	M3	1.30000	\$3.50	\$4.55
<b>Total de Materiales</b>					<b>\$4.55</b>
<b>Auxiliares</b>					
+ ACARRREO 1ER KM	ACRREO 1ER KM	M3	1.30000	\$5.46	\$7.10
+ ACARRREO SUBS	ACRREO KMS SUBSECUENTES	M3	16.90000	\$3.46	\$58.47
<b>Total de Auxiliares</b>					<b>\$65.57</b>

<b>Costo Directo</b>	<b>\$70.12</b>
----------------------	----------------

\*\* SETENTA PESOS 12/100 M.N. \*\*

ALTERNATIVA I

APÉNDICE I

<b>Análisis de precios a costo directo</b>
--

<b>Descripción</b>
--------------------

Clave: 0051

SUMINISTRO, MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE HIDRÁULICA DE 20 CM DE ESPESOR, FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO DE 1½" A FINOS, COMPACTADA AL 95% DEL PESO VOLUMETRICO SECO MÁXIMO. INCLUYE: CUÑAS DE SOBRE ANCHO, ACARREO DE MATERIAL, INCORPORACIÓN DE AGUA, ESCARIFICADO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTAS, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.

Unidad : M3

Cantidad : 9,450.00

C Clave	D: R Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Materiales</b>					
BASE HIDRAULICA	BASE HIDRAULICA DE 1 1/2" A FINOS	M3	1.30000	\$70.00	\$91.00
<b>Total de Materiales</b>					<b>\$91.00</b>
<b>Mano de Obra</b>					
+ CUAD 3	X CUADRILLA No 3 ( 3 PEONES )	JOR	0.00839	\$845.18	\$7.09
<b>Total de Mano de Obra</b>					<b>\$7.09</b>
<b>Herramienta</b>					
% HTAS	PORCENTAJE MANO DE OBRA	(%)MO	0.03000	\$7.09	\$0.21
<b>Total de Herramienta</b>					<b>\$0.21</b>
<b>Equipo</b>					
H MOTO	MOTONIVELADORA CATERPILLAR 140G, MOTOR DIESEL 150H.P.	HR	0.02222	\$620.38	\$13.78
H RODILLO VIB	RODILLO VIBRATORIO DYNAPAC CA-25-PDA MOTOR DIESEL 85 H.P.	HR	0.02000	\$396.61	\$7.93
<b>Total de Equipo</b>					<b>\$21.71</b>
<b>Auxiliares</b>					
+ OB AGUA	OBTENCION DE AGUA	M3	0.18000	\$55.22	\$9.94
+ ACARRREO 1ER KM	ACRREO 1ER KM	M3	1.30000	\$5.46	\$7.10
+ ACARRREO SUBS	ACRREO KMS SUBSECUENTES	M3	11.70000	\$3.46	\$40.48
<b>Total de Auxiliares</b>					<b>\$57.52</b>
<b>Costo Directo</b>					<b>\$177.53</b>

\*\* CIENTO SETENTA Y SIETE PESOS 53/100 M.N. \*\*

ALTERNATIVA I

APÉNDICE I

<b>Análisis de precios a costo directo</b>
--

<b>Descripción</b>
--------------------

Clave: 0006

RIEGO DE IMPREGNACIÓN CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO RR-2K A RAZÓN DE 1,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTRO, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, CALENTAMIENTO, APLICACIÓN DEL RIEGO, MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.

Unidad : M2  
Cantidad : 31,500.00

C	Clave	D: R	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Materiales</b>							
	EMULSION		EMULSION CATIONICA	LT	1.56000	\$3.80	\$5.93
	FLETE EMUL		FLETE DE EMULSION	LT	1.50000	\$0.18	\$0.27
<b>Total de Materiales</b>							<b>\$6.20</b>
<b>Mano de Obra</b>							
	+ CUAD 3		CUADRILLA No 3 ( 3 PEONES )	JOR	0.00008	\$845.18	\$0.07
<b>Total de Mano de Obra</b>							<b>\$0.07</b>
<b>Herramienta</b>							
	% HTAS		PORCENTAJE MANO DE OBRA	(%)MO	0.03000	\$0.07	\$0.00
<b>Total de Herramienta</b>							<b>\$0.00</b>
<b>Equipo</b>							
	H CALENTADOR		CALENTADOR DE ASFALTO CON TANQUE, ADM-60,	HR	0.00043	\$335.24	\$0.14
	H PETROLIZADORA	X	CAMION PETROLIZADORA FAMSA DE 6000 LTS MOTOR DIESEL 130 H.P.	HR	0.00178	\$422.04	\$0.75
<b>Total de Equipo</b>							<b>\$0.89</b>
						<b>Costo Directo</b>	<b>\$7.16</b>

\*\* SIETE PESOS 16/100 M.N. \*\*

ALTERNATIVA I

APÉNDICE I

<b>Análisis de precios a costo directo</b>
--

<b>Descripción</b>
--------------------

Clave: 0007

RIEGO DE LIGA PARA CARPETA, CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO A RAZÓN DE 0,50 L/M<sup>2</sup>. INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTROS, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, BOMBEO, APLICACIÓN DEL RIEGO, EQUIPO, MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.

Unidad : M2

Cantidad : 31,500.00

C Clave	D: R Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Materiales</b>					
	EMULSION	LT	0.65000	\$3.80	\$2.47
	FLETE EMUL	LT	0.65000	\$0.18	\$0.12
<b>Total de Materiales</b>					<b>\$2.59</b>
<b>Mano de Obra</b>					
	+ CUAD 3	JOR	0.00008	\$845.18	\$0.07
<b>Total de Mano de Obra</b>					<b>\$0.07</b>
<b>Herramienta</b>					
	% HTAS	(%)MO	0.03000	\$0.07	\$0.00
<b>Total de Herramienta</b>					<b>\$0.00</b>
<b>Equipo</b>					
	H CALENTADOR	HR	0.00043	\$335.24	\$0.14
	H PETROLIZADORA	HR	0.00178	\$422.04	\$0.75
<b>Total de Equipo</b>					<b>\$0.89</b>
<b>Costo Directo</b>					<b>\$3.55</b>

\*\* TRES PESOS 55/100 M.N. \*\*

ALTERNATIVA I

APÉNDICE I

<b>Análisis de precios a costo directo</b>
--

<b>Descripción</b>
--------------------

Clave: 0008

CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE PLANTA ADICIONADA CON POLÍMEROS EN EL PORCENTAJE ADECUADO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO UTILIZADO, TENDIDA CON PAVIMENTADORA, E=10 CM, COMPACTADO AL 100%. INCLUYE EL SUMINISTRO, ACARREO DEL MATERIAL, HERRAMIENTA, EQUIPO, MAQUINARIA, MANO DE OBRA, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.

Unidad : M2

Cantidad : 31,500.00

C Clave	D: R Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Mano de Obra</b>					
+ CUAD 4 00-0001	X CUADRILLA No 4 ( 4 PEONES ) HERRAMIENTA MENOR	JOR (%)mo	0.00157 0.03000	\$1,126.84 \$1.77	\$1.77 \$0.05
<b>Total de Mano de Obra</b>					<b>\$1.82</b>
<b>Equipo</b>					
H BARREDORA	BARREDORA FRONTAL AUTOPROPULSABLE GRACE K	HR	0.00204	\$270.02	\$0.55
H PAVIMENTAD	PAVIMENTADORA BARBER- GREEN COMPLETA SB-131 130 H.P.	HR	0.00387	\$1,430.81	\$5.55
H PLANCHA	PLANCHA CARPETERA MARCA INGRAM, POTENCIA DE 90 H.P.	HR	0.00310	\$473.00	\$1.47
H COMP NEUM	MOTOR DIESEL, COMPACTADOR DE LLANTAS NEUMATICAS DUO-PACTOR 30 TON 105 H.P. CON TAMBORES DE CUCHILLAS DE 1.28 M	HR	0.00310	\$427.51	\$1.33
<b>Total de Equipo</b>					<b>\$8.90</b>
<b>Auxiliares</b>					
+ ELAB ASF	ELABORACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO	M3	0.15500	\$930.99	\$144.30
+ OB AGUA	OBTENCION DE AGUA	M3	0.01860	\$55.22	\$1.03
<b>Total de Auxiliares</b>					<b>\$145.33</b>
<b>Costo Directo</b>					<b>\$156.05</b>

\*\* CIENTO CINCUENTA Y SEIS PESOS 05/100 M.N. \*\*

ALTERNATIVA II

APÉNDICE II

<b>Análisis de precios a costo directo</b>
--

<b>Descripción</b>
--------------------

Clave: 0001

TRAZO Y NIVELACIÓN. CONFORMACIÓN Y NIVELACIÓN DE BASE Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO UNIDAD : M2  
 DEBERÁN SER EJECUTADAS CON EXACTITUD EN CUANTO A LAS ALINEACIONES Y NIVELES INDICADOS EN LOS PLANOS DE PROYECTO O COMO LO ORDENE LA SUPERVISIÓN. INCLUYE: MATERIALES, BRIGADA  
 TOPOGRÁFICA, HERRAMIENTA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. Cantidad: 31,500.00

C Clave	D: R Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Materiales</b>					
HILO	HILO CAÑAMO	ROLLO	0.00800	\$17.00	\$0.14
CALHIDRA	CALHIDRATADA	TON	0.00071	\$980.00	\$0.70
MAD BARROTE	MADERA DE PINO DE 3A. EN BARROTE DE 2" X 4"	PT	0.01220	\$36.00	\$0.44
<b>Total de Materiales</b>					<b>\$1.28</b>
<b>Mano de Obra</b>					
+ CUAD TOPOGRAF	X CUADRILLA DE TOPOGRAFÍA	JOR	0.00222	\$978.42	\$2.17
<b>Total de Mano de Obra</b>					<b>\$2.17</b>
<b>Herramienta</b>					
% HTAS	PORCENTAJE MANO DE OBRA	(%)MO	0.03000	\$2.17	\$0.07
<b>Total de Herramienta</b>					<b>\$0.07</b>
<b>Equipo</b>					
H NIVEL	NIVEL SOKKIA	HR	0.00667	\$24.46	\$0.16
H ESTACION SE	ESTACION TOTAL SOKIA	HR	0.00667	\$130.69	\$0.87
<b>Total de Equipo</b>					<b>\$1.03</b>
<b>Costo Directo</b>					<b>\$4.55</b>

\*\* CUATRO PESOS 55/100 M.N. \*\*

ALTERNATIVA II

APÉNDICE II

**Análisis de precios a costo directo**

**Descripción**

Clave: 0002

FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE HASTA 10 CM DE PROFUNDIDAD DE CORTE CON MÁQUINA PERFILADORA PR-450 C INCLUYE: MARCAJE DE LINEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, CARGA CON BANDA TRANSPORTADORA A CAMIÓN VOLTEO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. (MEDIR COMPACTO). Unidad : M2  
Cantidad : 31,500.00

C	Clave	D: R	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Mano de Obra</b>							
+	CUAD 4 00-0001		CUADRILLA No 4 ( 4 PEONES ) HERRAMIENTA MENOR	JOR (%)mo	0.00012 0.03000	\$1,126.84 \$0.14	\$0.14 \$0.00
<b>Total de Mano de Obra</b>							<b>\$0.14</b>
<b>Equipo</b>							
H	03-4594	X	PERFILADORA DE PAVIMENTOS ROADTEC RX60 PAVEMENT PROFILER, s/n: 399 c/w: Cummins KTA19C, 600 hp, 86 in. drum, disch conv, electronic grade controls	HR	0.01221	\$1,285.91	\$15.70
<b>Total de Equipo</b>							<b>\$15.70</b>
<b>Costo Directo</b>							<b>\$15.84</b>

\*\* QUINCE PESOS 84/100 M.N. \*\*

**Análisis de precios a costo directo**

**Descripción**

Clave: 0041

ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, FUERA DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA, AL DESTINO QUE ESTÉ AUTORIZADO POR LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. Unidad : M3  
Cantidad : 3,150.00

C	Clave	D: R	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Materiales</b>							
	PAGO BANCO		PAGO DERECHOS DE BANCO DE TIRO	M3	1.30000	\$3.50	\$4.55
<b>Total de Materiales</b>							<b>\$4.55</b>
<b>Auxiliares</b>							
+	ACARRREO 1ER KM		ACRREO 1ER KM	M3	1.30000	\$5.46	\$7.10
+	ACARRREO SUBS		ACRREO KMS SUBSECUENTES	M3	16.90000	\$3.46	\$58.47
<b>Total de Auxiliares</b>							<b>\$65.57</b>
<b>Costo Directo</b>							<b>\$70.12</b>

**\*\* SETENTA PESOS 12/100 M.N. \*\***

ALTERNATIVA II

APÉNDICE II

<b>Análisis de precios a costo directo</b>
--

<b>Descripción</b>
--------------------

Clave: 0031

DEMOLICIÓN A MÁQUINA CON MARTILLO HIDRÁULICO EN LOSA DE PAVIMENTO DE CONCRETO, DE CUALQUIER ESPESOR, DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DE LA OBRA. INCLUYE: CARGA A CAMIÓN DEL MATERIAL PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.

Unidad : M2

Cantidad : 31,500.00

C	Clave	D: R Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Mano de Obra</b>						
	+ CUAD 4	CUADRILLA No 4 ( 4 PEONES )	JOR	0.07557	\$1,126.84	\$85.16
	+ 02-0770	X CUADRILLA No 77 ( 1 SOLDADOR + 1 AYUDANTE DE SOLDADOR )	JOR	0.10149	\$415.78	\$42.20
	00-0001	HERRAMIENTA MENOR	(%)mo	0.03000	\$127.36	\$3.82
<b>Total de Mano de Obra</b>						<b>\$131.18</b>
<b>Equipo</b>						
	H 03-4662	RETROEXCAVADORA 325 CATERPILLAR CON MARTILLO.	hora	0.06001	\$1,919.47	\$115.19
	H 03-4220	EQUIPO DE CORTE DE OXI-ACETILENO CON ACCESORIOS HARRIS	Hora	0.09606	\$3.05	\$0.29
<b>Total de Equipo</b>						<b>\$115.48</b>
<b>Costo Directo</b>						<b>\$246.66</b>

\*\* DOSCIENTOS CUARENTA Y SEIS PESOS 66/100 M.N. \*\*

ALTERNATIVA II

APÉNDICE II

<b>Análisis de precios a costo directo</b>
--

<b>Descripción</b>
--------------------

Clave: 0043

ACARREO DE LOS MATERIALES PRODUCTO DE LAS DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES DE DESPERDICIO    Unidad :    M3  
 DETERMINADOS POR LA SUPERVISIÓN, DENTRO DE LA OBRA, BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL    Cantidad :    9,450.00  
 CONTRATISTA. MEDIR COMPACTO. INCLUYE LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.

C Clave	D: R Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Auxiliares</b>					
+ ACARRREO 1ER KM	ACRREO 1ER KM	M3	1.30000	\$5.46	\$7.10
+ ACARRREO SUBS	ACRREO KMS SUBSECUENTES	M3	1.30000	\$3.46	\$4.50
<b>Total de Auxiliares</b>					<b>\$11.60</b>

<b>Costo Directo</b>	<b>\$11.60</b>
----------------------	----------------

\*\* ONCE PESOS 60/100 M.N. \*\*

ALTERNATIVA II

APÉNDICE II

<b>Análisis de precios a costo directo</b>
--

<b>Descripción</b>
--------------------

Clave: 0032

SUMINISTRO, MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE HIDRÁULICA DE 20 CM DE ESPESOR, Unidad : M3  
 FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO DE AGREGADOS RECICLADOS DE CONCRETO (ARC) 1½" A Cantidad : 6,615.00  
 FINOS, COMPACTADA AL 95% DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO MÁXIMO. INCLUYE: CUÑAS DE SOBRE ANCHO,  
 ACARREO DE MATERIAL, INCORPORACIÓN DE AGUA, ESCARIFICADO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTAS,  
 EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.

C Clave	D: R Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Mano de Obra</b>					
+ CUAD 3	X CUADRILLA No 3 ( 3 PEONES )	JOR	0.00839	\$845.18	\$7.09
00-0001	HERRAMIENTA MENOR	(%)mo	0.03000	\$7.09	\$0.21
<b>Total de Mano de Obra</b>					<b>\$7.30</b>
<b>Equipo</b>					
H MOTO	MOTONIVELADORA CATERPILLAR 140G, MOTOR DIESEL 150H.P.	HR	0.02222	\$620.38	\$13.78
H RODILLO VIB	RODILLO VIBRATORIO DYNAPAC CA-25-PDA MOTOR DIESEL 85 H.P.	HR	0.02000	\$396.61	\$7.93
<b>Total de Equipo</b>					<b>\$21.71</b>
<b>Auxiliares</b>					
+ OB AGUA	OBTENCION DE AGUA	M3	0.18000	\$55.22	\$9.94
+ ACARRREO 1ER KM	ACRREO 1ER KM	M3	1.30000	\$5.46	\$7.10
+ ACARRREO SUBS	ACRREO KMS SUBSECUENTES	M3	1.30000	\$3.46	\$4.50
<b>Total de Auxiliares</b>					<b>\$21.54</b>
<b>Costo Directo</b>					<b>\$50.55</b>

\*\* CINCUENTA PESOS 55/100 M.N. \*\*

**Análisis de precios a costo directo**

**Descripción**

Clave: 0106007

SUMINISTRO, MEZCLADO, TENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE HIDRAÚLICA DE 20 CM DE ESPESOR, Unidad : M3  
 FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO DE 1½" A FINOS, COMPACTADA AL 95% DEL PESO Cantidad : 2,835.00  
 VOLUMETRICO SECO MÁXIMO. INCLUYE: CUÑAS DE SOBRE ANCHO, ACARREO DE MATERIAL,  
 INCORPORACIÓN DE AGUA, ESCARIFICADO, MANO DE OBRA, HERRAMIENTAS, EQUIPO, PRUEBAS DE  
 LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.

C Clave	D: R	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Materiales</b>						
BASE HIDRAULICA		BASE HIDRAULICA DE 1 1/2" A FINOS	M3	1.30000	\$70.00	\$91.00
<b>Total de Materiales</b>						<b>\$91.00</b>
<b>Mano de Obra</b>						
+ CUAD 3	X	CUADRILLA No 3 ( 3 PEONES )	JOR	0.00839	\$845.18	\$7.09
<b>Total de Mano de Obra</b>						<b>\$7.09</b>
<b>Herramienta</b>						
% HTAS		PORCENTAJE MANO DE OBRA	(%)MO	0.03000	\$7.09	\$0.21
<b>Total de Herramienta</b>						<b>\$0.21</b>
<b>Equipo</b>						
H MOTO		MOTONIVELADORA CATERPILLAR 140G, MOTOR DIESEL 150H.P.	HR	0.02222	\$620.38	\$13.78
H RODILLO VIB		RODILLO VIBRATORIO DYNAPAC CA-25-PDA MOTOR DIESEL 85 H.P.	HR	0.02000	\$396.61	\$7.93
<b>Total de Equipo</b>						<b>\$21.71</b>
<b>Auxiliares</b>						
+ OB AGUA		OBTENCION DE AGUA	M3	0.18000	\$55.22	\$9.94
+ ACARRREO 1ER KM		ACRREO 1ER KM	M3	1.30000	\$5.46	\$7.10
+ ACARRREO SUBS		ACRREO KMS SUBSECUENTES	M3	11.70000	\$3.46	\$40.48
<b>Total de Auxiliares</b>						<b>\$57.52</b>
<b>Costo Directo</b>						<b>\$177.53</b>

**\*\* CIENTO SETENTA Y SIETE PESOS 53/100 M.N. \*\***

ALTERNATIVA II

APÉNDICE II

**Análisis de precios a costo directo**

**Descripción**

Clave: 0006

RIEGO DE IMPREGNACIÓN CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO RR-2K A RAZÓN DE 1,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTRO, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, CALENTAMIENTO, APLICACIÓN DEL RIEGO, MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. Unidad : M2 Cantidad : 31,500.00

C	Clave	D: R	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Materiales</b>							
	EMULSION		EMULSION CATIONICA	LT	1.56000	\$3.80	\$5.93
	FLETE EMUL		FLETE DE EMULSION	LT	1.50000	\$0.18	\$0.27
<b>Total de Materiales</b>							<b>\$6.20</b>
<b>Mano de Obra</b>							
	+ CUAD 3		CUADRILLA No 3 ( 3 PEONES )	JOR	0.00008	\$845.18	\$0.07
<b>Total de Mano de Obra</b>							<b>\$0.07</b>
<b>Herramienta</b>							
	% HTAS		PORCENTAJE MANO DE OBRA	(%)MO	0.03000	\$0.07	\$0.00
<b>Total de Herramienta</b>							<b>\$0.00</b>
<b>Equipo</b>							
	H CALENTADOR		CALENTADOR DE ASFALTO CON TANQUE, ADM-60,	HR	0.00043	\$335.24	\$0.14
	H PETROLIZADORA	X	CAMION PETROLIZADORA FAMSA DE 6000 LTS MOTOR DIESEL 130 H.P.	HR	0.00178	\$422.04	\$0.75
<b>Total de Equipo</b>							<b>\$0.89</b>
						<b>Costo Directo</b>	<b>\$7.16</b>

**\*\* SIETE PESOS 16/100 M.N. \*\***

ALTERNATIVA II

APÉNDICE II

<b>Análisis de precios a costo directo</b>
--

<b>Descripción</b>
--------------------

Clave: 0007

RIEGO DE LIGA PARA CARPETA, CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO A RAZÓN DE 0,50 Unidad : M2  
 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTROS, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, Cantidad : 31,500.00  
 BOMBEO, APLICACIÓN DEL RIEGO, EQUIPO, MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA NECESARIA  
 PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.

C	Clave	D: R	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Materiales</b>							
	EMULSION		EMULSION CATIONICA	LT	0.65000	\$3.80	\$2.47
	FLETE EMUL		FLETE DE EMULSION	LT	0.65000	\$0.18	\$0.12
<b>Total de Materiales</b>							<b>\$2.59</b>
<b>Mano de Obra</b>							
	+ CUAD 3		CUADRILLA No 3 ( 3 PEONES )	JOR	0.00008	\$845.18	\$0.07
<b>Total de Mano de Obra</b>							<b>\$0.07</b>
<b>Herramienta</b>							
	% HTAS		PORCENTAJE MANO DE OBRA	(%)MO	0.03000	\$0.07	\$0.00
<b>Total de Herramienta</b>							<b>\$0.00</b>
<b>Equipo</b>							
	H CALENTADOR		CALENTADOR DE ASFALTO CON TANQUE, ADM-60,	HR	0.00043	\$335.24	\$0.14
	H PETROLIZADORA	X	CAMION PETROLIZADORA FAMSA DE 6000 LTS MOTOR DIESEL 130 H.P.	HR	0.00178	\$422.04	\$0.75
<b>Total de Equipo</b>							<b>\$0.89</b>
<b>Costo Directo</b>							<b>\$3.55</b>

\*\* TRES PESOS 55/100 M.N. \*\*

ALTERNATIVA II

APÉNDICE II

<b>Análisis de precios a costo directo</b>
--

<b>Descripción</b>
--------------------

Clave: 0008

CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE PLANTA ADICIONADA CON POLÍMEROS EN EL PORCENTAJE ADECUADO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO UTILIZADO, TENDIDA CON PAVIMENTADORA, E=10 CM, COMPACTADO AL 100%. INCLUYE EL SUMINISTRO, ACARREO DEL MATERIAL, HERRAMIENTA, EQUIPO, MAQUINARIA, MANO DE OBRA, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.

Unidad : M2

Cantidad : 31,500.00

C Clave	D: R Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Mano de Obra</b>					
+ CUAD 4	X CUADRILLA No 4 ( 4 PEONES )	JOR	0.00157	\$1,126.84	\$1.77
00-0001	HERRAMIENTA MENOR	(%)mo	0.03000	\$1.77	\$0.05
<b>Total de Mano de Obra</b>					<b>\$1.82</b>
<b>Equipo</b>					
H BARREDORA	BARREDORA FRONTAL	HR	0.00204	\$270.02	\$0.55
H PAVIMENTAD	AUTOPROPULSABLE GRACE K PAVIMENTADORA BARBER- GREEN COMPLETA SB-131 130	HR	0.00387	\$1,430.81	\$5.55
H PLANCHA	H.P. PLANCHA CARPETERA MARCA INGRAM, POTENCIA DE 90 H.P.	HR	0.00310	\$473.00	\$1.47
H COMP NEUM	MOTOR DIESEL, COMPACTADOR DE LLANTAS NEUMATICAS DUO-FACTOR 30 TON 105 H.P. CON TAMBORES DE CUCHILLAS DE 1.28 M	HR	0.00310	\$427.51	\$1.33
<b>Total de Equipo</b>					<b>\$8.90</b>
<b>Auxiliares</b>					
+ ELAB ASF	ELABORACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO	M3	0.15500	\$930.99	\$144.30
+ OB AGUA	OBTENCION DE AGUA	M3	0.01860	\$55.22	\$1.03
<b>Total de Auxiliares</b>					<b>\$145.33</b>
<b>Costo Directo</b>					<b>\$156.05</b>

\*\* CIENTO CINCUENTA Y SEIS PESOS 05/100 M.N. \*\*

ALTERNATIVA III

APÉNDICE III

<b>Análisis de precios a costo directo</b>
--

<b>Descripción</b>
--------------------

Clave: 0001

TRAZO Y NIVELACIÓN. CONFORMACIÓN Y NIVELACIÓN DE BASE Y CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DEBERÁN SER EJECUTADAS CON EXACTITUD EN CUANTO A LAS ALINEACIONES Y NIVELES INDICADOS EN LOS PLANOS DE PROYECTO O COMO LO ORDENE LA SUPERVISIÓN. INCLUYE: MATERIALES, BRIGADA TOPOGRÁFICA, HERRAMIENTA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN.

Unidad : M2

Cantidad : 31,500.00

C	Clave	D: R	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Materiales</b>							
	HILO		HILO CAÑAMO	ROLLO	0.00800	\$17.00	\$0.14
	CALHIDRA		CALHIDRATADA	TON	0.00071	\$980.00	\$0.70
	MAD BARROTE		MADERA DE PINO DE 3A. EN BARROTE DE 2" X 4"	PT	0.01220	\$36.00	\$0.44
<b>Total de Materiales</b>							<b>\$1.28</b>
<b>Mano de Obra</b>							
	+ CUAD TOPOGRAF	X	CUADRILLA DE TOPOGRAFÍA	JOR	0.00222	\$983.31	\$2.18
<b>Total de Mano de Obra</b>							<b>\$2.18</b>
<b>Herramienta</b>							
	% HTAS		PORCENTAJE MANO DE OBRA	(%)MO	0.03000	\$2.18	\$0.07
<b>Total de Herramienta</b>							<b>\$0.07</b>
<b>Equipo</b>							
	H NIVEL		NIVEL SOKKIA	HR	0.00667	\$24.46	\$0.16
	H ESTACION SE		ESTACION TOTAL SOKIA	HR	0.00667	\$130.69	\$0.87
<b>Total de Equipo</b>							<b>\$1.03</b>
<b>Costo Directo</b>							<b>\$4.56</b>

\*\* CUATRO PESOS 56/100 M.N. \*\*

ALTERNATIVA III

APÉNDICE III

**Análisis de precios a costo directo**

**Descripción**

Clave: 0002  
 FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE HASTA 10 CM DE PROFUNDIDAD DE CORTE CON MÁQUINA Unidad : M2  
 PERFILADORA PR-450 C INCLUYE: MARCAJE DE LINEA GUIA SOBRE PAVIMENTO, EQUIPO, CARGA CON Cantidad : 31,500.00  
 BANDA TRANSPORTADORA A CAMIÓN VOLTEO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO  
 PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. (MEDIR COMPACTO).

C	Clave	D: R	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Mano de Obra</b>							
+	CUAD 4		CUADRILLA No 4 ( 4 PEONES )	JOR	0.00012	\$1,135.07	\$0.14
	00-0001		HERRAMIENTA MENOR	(%)mo	0.03000	\$0.14	\$0.00
<b>Total de Mano de Obra</b>							<b>\$0.14</b>
<b>Equipo</b>							
H	03-4594	X	PERFILADORA DE PAVIMENTOS ROADTEC RX600 PAVEMENT PROFILER, s/n: 399 c/w: Cummins KTA19C, 600 hp, 86 in. drum, disch conv, electronic grade controls	HR	0.01221	\$1,286.38	\$15.71
<b>Total de Equipo</b>							<b>\$15.71</b>
<b>Costo Directo</b>							<b>\$15.85</b>

**\*\* QUINCE PESOS 85/100 M.N. \*\***

ALTERNATIVA III

APÉNDICE III

**Análisis de precios a costo directo**

**Descripción**

Clave: 0003

DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO DE HASTA 30 CM DE ESPESOR, CON EQUIPO ROMPEDOR Resonante para Pavimentos RB-600. Incluye: Marcaje de línea guía sobre pavimento, equipo, herramienta, mano de obra y todo lo necesario para su completa ejecución. Unidad: M2  
 Cantidad: 31,500.00

C	Clave	D: R	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Mano de Obra</b>							
+	CUAD 4		CUADRILLA No 4 ( 4 PEONES )	JOR	0.00012	\$1,135.07	\$0.14
	00-0001		HERRAMIENTA MENOR	(%)mo	0.30000	\$0.14	\$0.04
<b>Total de Mano de Obra</b>							<b>\$0.18</b>
<b>Equipo</b>							
H	EQUIPO ROM	X	EQUIPO ROMPEDOR RESONANTE RB-600	hora	0.00071	\$11,087.81	\$7.87
<b>Total de Equipo</b>							<b>\$7.87</b>
						<b>Costo Directo</b>	<b>\$8.05</b>

**\*\* OCHO PESOS 05/100 M.N. \*\***

ALTERNATIVA III

APÉNDICE III

**Análisis de precios a costo directo**

**Descripción**

Clave: 0004

COMPACTACIÓN DE MATERIAL CON RODILLO VIBRATORIO DE CAPA FORMADA CON MATERIAL 100% TRITURADO Y PULVERIZADO CON EQUIPO ROMPEDOR RESONANTE. INCLUYE: INCORPORACIÓN DE AGUA, EQUIPO, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. Unidad : M2 Cantidad : 31,500.00

C	Clave	D: R	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Equipo</b>							
H	RODILLO VIB		RODILLO VIBRATORIO DYNAPAC CA-25-PDA MOTOR DIESEL 85 H.P.	HR	0.00600	\$397.08	\$2.38
<b>Total de Equipo</b>							<b>\$2.38</b>
<b>Auxiliares</b>							
+	OB AGUA		OBTENCION DE AGUA	M3	0.06000	\$55.29	\$3.32
<b>Total de Auxiliares</b>							<b>\$3.32</b>
<b>Costo Directo</b>							<b>\$5.70</b>

**\*\* CINCO PESOS 70/100 M.N. \*\***



**Análisis de precios a costo directo**

**Descripción**

Clave: 0006

RIEGO DE IMPREGNACIÓN CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO RR-2K A RAZÓN DE 1,50 L/M². INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTRO, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, CALENTAMIENTO, APLICACIÓN DEL RIEGO, MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. Unidad : M2  
Cantidad : 31,500.00

C	Clave	D: R	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Materiales</b>							
	EMULSION		EMULSION CATIONICA	LT	1.56000	\$3.80	\$5.93
	FLETE EMUL		FLETE DE EMULSION	LT	1.50000	\$0.18	\$0.27
<b>Total de Materiales</b>							<b>\$6.20</b>
<b>Mano de Obra</b>							
	+ CUAD 3		CUADRILLA No 3 ( 3 PEONES )	JOR	0.00008	\$851.35	\$0.07
<b>Total de Mano de Obra</b>							<b>\$0.07</b>
<b>Herramienta</b>							
	% HTAS		PORCENTAJE MANO DE OBRA	(%)MO	0.03000	\$0.07	\$0.00
<b>Total de Herramienta</b>							<b>\$0.00</b>
<b>Equipo</b>							
	H CALENTADOR		CALENTADOR DE ASFALTO CON TANQUE, ADM-60,	HR	0.00043	\$335.46	\$0.14
	H PETROLIZADORA	X	CAMION PETROLIZADORA FAMSA DE 6000 LTS MOTOR DIESEL 130 H.P.	HR	0.00178	\$422.56	\$0.75
<b>Total de Equipo</b>							<b>\$0.89</b>
<b>Costo Directo</b>							<b>\$7.16</b>

**\*\* SIETE PESOS 16/100 M.N. \*\***

ALTERNATIVA III

APÉNDICE III

<b>Análisis de precios a costo directo</b>
--

<b>Descripción</b>
--------------------

Clave: 0007

RIEGO DE LIGA PARA CARPETA, CON EMULSIÓN CATIONICA DE ROMPIMIENTO RÁPIDO A RAZÓN DE 0,50 L/M<sup>2</sup>. INCLUYE: PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, SUMINISTROS, ACARREOS LOCALES Y FORÁNEOS, BOMBEO, APLICACIÓN DEL RIEGO, EQUIPO, MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. Unidad : M2  
Cantidad : 31,500.00

C Clave	D: R Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Materiales</b>					
EMULSION	EMULSION CATIONICA	LT	0.65000	\$3.80	\$2.47
FLETE EMUL	FLETE DE EMULSION	LT	0.65000	\$0.18	\$0.12
<b>Total de Materiales</b>					<b>\$2.59</b>
<b>Mano de Obra</b>					
+ CUAD 3	CUADRILLA No 3 ( 3 PEONES )	JOR	0.00008	\$851.35	\$0.07
<b>Total de Mano de Obra</b>					<b>\$0.07</b>
<b>Herramienta</b>					
% HTAS	PORCENTAJE MANO DE OBRA	(%)MO	0.03000	\$0.07	\$0.00
<b>Total de Herramienta</b>					<b>\$0.00</b>
<b>Equipo</b>					
H CALENTADOR	CALENTADOR DE ASFALTO CON TANQUE, ADM-60,	HR	0.00043	\$335.46	\$0.14
H PETROLIZADORA	X CAMION PETROLIZADORA FAMSA DE 6000 LTS MOTOR DIESEL 130 H.P.	HR	0.00178	\$422.56	\$0.75
<b>Total de Equipo</b>					<b>\$0.89</b>
<b>Costo Directo</b>					<b>\$3.55</b>

\*\* TRES PESOS 55/100 M.N. \*\*

**Análisis de precios a costo directo**

**Descripción**

Clave: 0008

CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO DE PLANTA ADICIONADA CON POLÍMEROS EN EL PORCENTAJE ADECUADO EN FUNCIÓN DE LA CALIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO UTILIZADO, TENDIDA CON PAVIMENTADORA, E=10 CM, COMPACTADO AL 100%. INCLUYE EL SUMINISTRO, ACARREO DEL MATERIAL, HERRAMIENTA, EQUIPO, MAQUINARIA, MANO DE OBRA, PRUEBAS DE LABORATORIO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COMPLETA EJECUCIÓN. Unidad : M2  
Cantidad : 31,500.00

C Clave	D: R Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
<b>Mano de Obra</b>					
+ CUAD 4 00-0001	X CUADRILLA No 4 ( 4 PEONES ) HERRAMIENTA MENOR	JOR (%)mo	0.00157 0.03000	\$1,135.07 \$1.78	\$1.78 \$0.05
<b>Total de Mano de Obra</b>					<b>\$1.83</b>
<b>Equipo</b>					
H BARREDORA	BARREDORA FRONTAL AUTOPROPULSABLE GRACE K	HR	0.00204	\$270.75	\$0.55
H PAVIMENTAD	PAVIMENTADORA BARBER- GREEN COMPLETA SB-131 130 H.P.	HR	0.00387	\$1,433.55	\$5.56
H PLANCHA	PLANCHA CARPETERA MARCA INGRAM, POTENCIA DE 90 H.P.	HR	0.00310	\$473.47	\$1.47
H COMP NEUM	MOTOR DIESEL, COMPACTADOR DE LLANTAS NEUMATICAS DUO-FACTOR 30 TON 105 H.P. CON TAMBORES DE CUCHILLAS DE 1.28 M	HR	0.00310	\$427.98	\$1.33
<b>Total de Equipo</b>					<b>\$8.91</b>
<b>Auxiliares</b>					
+ ELAB ASF	ELABORACIÓN DE CONCRETO ASFÁLTICO	M3	0.15500	\$931.06	\$144.31
+ OB AGUA	OBTENCION DE AGUA	M3	0.01860	\$55.29	\$1.03
<b>Total de Auxiliares</b>					<b>\$145.34</b>
<b>Costo Directo</b>					<b>\$156.08</b>

**\*\* CIENTO CINCUENTA Y SEIS PESOS 08/100 M.N. \*\***