



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**TÉCNICAS DE FRESADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES APLICABLES EN LA REPÚBLICA
DE GUATEMALA**

Augusto Enrique Galindo Antillón

Asesorado por el Ing. Hugo Alexander Rodríguez Guzmán

Guatemala, febrero de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**TÉCNICAS DE FRESADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES APLICADOS EN
LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

AUGUSTO ENRIQUE GALINDO ANTILLÓN

ASESORADO POR EL ING. HUGO ALEXANDER RODRÍGUEZ GUZMÁN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Claudio César Castañón Contreras
EXAMINADORA	Inga. María del Mar Girón Cordón
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

TÉCNICAS DE FRESADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES APLICABLES EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 8 de agosto de 2018.

Augusto Enrique Galindo Antillón

Guatemala, 1 de octubre del 2018

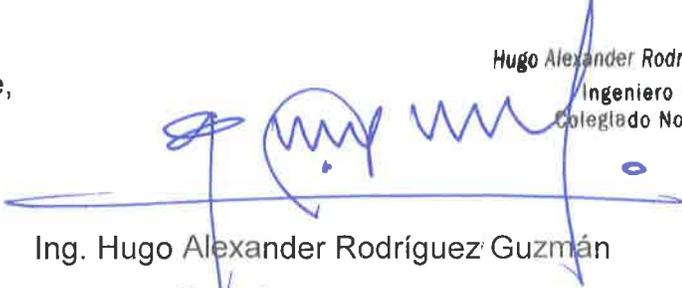
Ingeniero
Mario Estuardo Arriola Ávila
Coordinador del Área de Topografía y Transportes
Escuela de Ingeniería Civil
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Estimado Ing. Arriola:

Por este medio me permito hacer de su conocimiento que ha sido concluido satisfactoriamente el trabajo de graduación titulado: **“TÉCNICAS DE FRESADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES APLICABLES EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA”**, elaborado por el estudiante Augusto Enrique Galindo Antillón, quien se identifica con número de carné 0089-16358, tema para el cual fui asignado como asesor.

Al haber sido concluido este trabajo y habiendo efectuado la revisión final, manifiesto que dicho trabajo de graduación cumple con los requerimientos establecidos por la Facultad de Ingeniería, razón por la cual lo doy por aprobado y me responsabilizo conjuntamente con el autor de este trabajo por su contenido, conclusiones y recomendaciones.

Atentamente,


Hugo Alexander Rodríguez Guzmán
Ingeniero Civil
Colegiado No. 4600
Ing. Hugo Alexander Rodríguez Guzmán
Colegiado No. 4,600



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
19 de noviembre de 2018

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

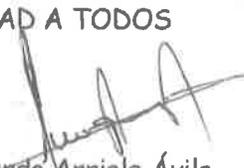
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **TÉCNICAS DE FRESADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES APLICABLES EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Augusto Enrique Galindo Antillón, Con CUI 2795875380501 y No. De Registro Académico 8916358 quien contó con la asesoría del Ing. Hugo Alexander Rodríguez Guzmán.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la Facultad de Ingeniería y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila
Coordinador del Área de Topografía y Transportes

bbdeb.



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
USAC



Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Hugo Alexander Rodríguez Guzmán y Coordinador del Departamento de Topografía y Transportes Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila, al trabajo de graduación del estudiante Augusto Enrique Galindo Antillón TÉCNICAS DE FRESADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES APLICABLES EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, febrero 2019

/mmm.

Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala

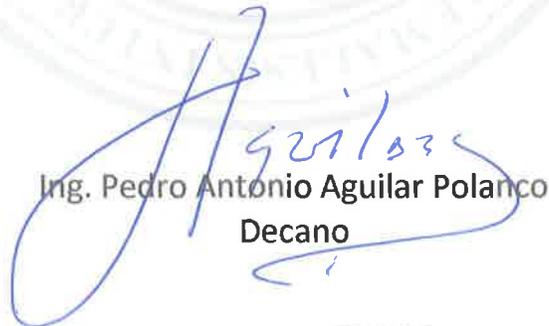


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 072.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **TÉCNICAS DE FRESADO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES APLICABLES EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Augusto Enrique Galindo Antillón**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, febrero de 2019

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Mi madre	María Teresa Antillón, por haberme dado la vida, sacrificado parte de su vida y darme lo necesario para salir adelante.
Mi esposa	Marjorie Pineda de Galindo, por ser un buen apoyo y persona importante en mi vida.
Mis hijos	Jimena y Oscar Galindo Pineda, por ser dos ángeles y los motores que me impulsan en la vida.
Mis tíos	María Salomé y Ricardo Chávez, por darme tanto amor y ser como mis padres.
Mi hermana	Lilian Aracely Galindo, quien desde el cielo está feliz por mi logro alcanzado.
Mis hermanas	Claudia y Karina Pineda, por ser parte importante en mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la vida, brindarme sabiduría, ayuda y fortaleza; por nunca abandonarme y por todas las bendiciones que ha derramado sobre mí.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios superiores.
Facultad de Ingeniería	Por ayudarme a cumplir mi sueño de ser un profesional.
Ing. Hugo Rodríguez	Por ser un buen amigo y asesor de este trabajo de graduación.
Pavimentos de Guatemala, S.A.	Empresa que me brindó su apoyo y confianza.
Ing. Marlon Salvador	Mi amigo de toda la vida quien me apoyó en momentos difíciles.
Familia Alvarado	Por ser amigos especiales.
Señora Francisca Conde	Por brindarme siempre su ayuda incondicional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Definición de fresado de pavimentos.....	4
1.2.1. Campos de aplicación	6
1.2.2. Procedimiento del fresado asfáltico	8
1.3. Opciones de mantenimiento de pavimentos.....	12
1.3.1. Tipos de fallas en concreto asfáltico.....	13
1.3.2. Fisuras y grietas	13
1.3.2.1. Fisura cuero de lagarto	14
1.3.2.2. Fisuras en bloque	15
1.3.2.3. Fisuras en arco	16
1.3.2.4. Fisura transversal	18
1.3.2.5. Fisura longitudinal.....	20
1.3.2.6. Fisura por reflexión de junta	21
1.3.3. Deformaciones superficiales de pavimentos asfálticos.....	23
1.3.3.1. Ahuellamiento.....	23
1.3.4. Desintegración en los pavimentos asfálticos	25

	1.3.4.1.	Bache	25
	1.3.4.2.	Desvestimiento	27
	1.3.4.3.	Desintegración de bordes.....	28
1.3.5.		Otros deterioros en los pavimentos asfálticos	29
	1.3.5.1.	Exudación de asfalto	29
	1.3.5.2.	Parchados y reparaciones de servicios públicos	30
2.		APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE FRESADO SEGÚN EL ESPESOR DE CORTE	33
2.1.		Fresado superficial	34
	2.1.1.	Fresado superficial para corrección de defectos superficiales y con bombeo finos	35
	2.1.2.	Fresado superficial para sonorización	37
2.2.		Fresado raso o de poca profundidad	38
	2.2.1.	Fresado de áreas discontinuas	39
	2.2.2.	Fresado continuo de toda la pista	41
	2.2.3.	Fresado en cuña (desnivel entre la pista y la acera)	42
	2.2.4.	Fresado de remates en juntas de construcción.....	43
	2.2.5.	Fresado para reparación de baches.....	44
	2.2.6.	Fresado en agrietamientos.....	46
	2.2.7.	Fresado donde existe deformación plástica de los revestimientos (ahuellamiento).....	48
	2.2.8.	Fresado en depresiones.....	49
	2.2.9.	Fresado en agregados pulidos	51
	2.2.10.	Fresado en la destrucción del pavimento (cuero de lagarto)	52

2.2.11.	Fresado en la diferencia de niveles entre pavimentos existentes	53
2.3.	Fresado profundo	54
2.4.	Fresado según la rugosidad resultante en el pavimento	55
2.4.1.	Fresado estándar.....	56
2.4.2.	Fresado fino.....	57
2.4.3.	Microfresado	59
3.	EQUIPOS PARA FRESADO	63
3.1.	Equipos para fresado según el tipo de trabajo	64
3.1.1.	Equipos de fresado pequeños	64
3.1.2.	Equipos de fresado medianos	66
3.1.3.	Equipos de fresado grandes	68
3.2.	Principales componentes de los equipos de fresado.....	70
3.2.1.	Cilindro fresador	71
3.2.1.1.	Sistemas para fijar los cilindros fresadores.....	72
3.2.1.2.	Tipos de cilindros fresadores.....	75
3.2.1.2.1.	Cilindro para fresado fino.....	76
3.2.1.2.2.	Cilindro para microfresado.....	77
3.2.1.2.3.	Ancho de los cilindros fresadores.....	80
3.2.1.2.4.	Actuación del cilindro fresador en el pavimento.....	81
3.2.2.	Puntas de corte.....	81
3.2.3.	Soportes para las puntas de corte	84

3.2.4.	Raspadores	86
3.2.5.	Banda transportadora.....	88
3.2.6.	Sistema de control de velocidad.....	90
3.2.7.	Sistema del control de la profundidad de corte	90
3.2.8.	Sistema de apoyo en el equipo	92
3.2.8.1.	Sobre neumáticos	92
3.2.8.2.	Sobre orugas.....	92
4.	VENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DE LA TÉCNICA DE FRESADO.....	95
4.1.	Mantenimiento de la pendiente del pavimento	95
4.2.	Mantenimiento de la regularidad de las juntas	97
4.3.	Corrección de deformaciones plásticas.....	98
4.4.	Mantenimiento de nivel en juntas de construcciones de obra gris	99
5.	PROBLEMAS QUE PUEDEN OCURRIR POR LA UTILIZACIÓN DEL FRESADO.....	103
5.1.	Gradas en la pista	103
5.2.	Aparecimiento de agujeros o baches	105
5.3.	Desprendimiento de capas de asfalto	106
6.	EJECUCIÓN DE PROYECTOS RELEVANTES	109
6.1.	Aeropuerto Internacional La Aurora	109
6.2.	Las Charcas, zona 11	113
6.3.	Pista de aterrizaje de los paracaidistas, Puerto de San José.	115
6.4.	Anillo Periférico Norte, zona 2.....	117
7.	COSTOS.....	121
7.1.	Definición de precio unitario	121

7.1.1.	Costos directos	123
7.1.1.1.	Costos directos por mano de obra.....	123
7.1.1.2.	Costos directos por materiales	124
7.1.1.3.	Costo directo por maquinaria o equipo de construcción.....	125
7.1.1.3.1.	Costo por depreciación	126
7.1.1.3.2.	Costo por inversión.....	127
7.1.1.3.3.	Costo por seguros	127
7.1.1.3.4.	Costo por mantenimiento	128
7.1.2.	Costos Indirectos	129
7.1.2.1.	Honorarios, sueldos y prestaciones de los siguientes conceptos.....	130
7.1.2.2.	Depreciación, mantenimiento y rentas de los siguientes conceptos....	131
7.1.2.3.	Servicios de los siguientes conceptos..	131
7.1.2.4.	Fletes y acarreos de los siguientes conceptos.	132
7.1.2.5.	Gastos de oficina de los siguientes conceptos.	132
7.1.2.6.	Capacitación y adiestramiento.....	133
7.1.2.7.	Seguridad e higiene.....	133
7.1.2.8.	Seguros y fianzas	133
7.1.2.9.	Trabajos previos y auxiliares de los siguientes conceptos	133
7.1.3.	Costo por financiamiento	134
7.1.4.	Utilidad.....	135

7.1.5.	Cargos adicionales.....	136
7.2.	Formato para el análisis de precios unitarios	137
CONCLUSIONES.....		140
RECOMENDACIONES		143
BIBLIOGRAFÍA.....		145

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Fotografía de máquinas para fresar	8
2.	Fotografía de marcación área a fresar	9
3.	Fotografía nivelación de cilindro fresador.....	9
4.	Fotografía de carga de material fresado al camión	10
5.	Fotografía de escoba mecánica y compresor de aire	11
6.	Fotografía de junta longitudinal	11
7.	Fotografía de cuero de lagarto	14
8.	Fotografía de fisuras en bloque.....	16
9.	Fotografía de fisuras en arco	17
10.	Fotografía de fisura transversal.....	19
11.	Fotografía de fisura longitudinal	21
12.	Fotografía de fisura por reflexión de junta	23
13.	Fotografía de ahuellamiento.....	25
14.	Fotografía de bache	26
15.	Fotografía de desvestimiento	28
16.	Fotografía de desintegración de bordes.....	29
17.	Fotografía de exudación de asfalto	30
18.	Fotografía de equipo y resultado del fresado para sonorización	38
19.	Fotografía de fresado en áreas discontinuas	40
20.	Fotografía de fresado continuo de toda la pista	41
21.	Fotografía de fresado en áreas de acera o bordillo.....	43
22.	Fotografía de fresado en juntas de construcción	44
23.	Fotografía de baches	46

24.	Fotografía de fresado para eliminación de grietas	47
25.	Fotografía de ahuellamiento	49
26.	Fotografía de fresado de depresiones	50
27.	Fotografía de agregados pulidos	52
28.	Fotografía de fresado en cuero de lagarto.....	53
29.	Fotografía de fresado en diferencia de niveles	54
30.	Fotografía de fresado estándar.....	57
31.	Fotografía de fresado fino, regularización de la pista	58
32.	Fotografía de microfresado.....	60
33.	Fotografía de la diferencia entre cortes de fresado.....	61
34.	Fotografía de fresadora pequeña	65
35.	Fotografía de fresadoras medianas	68
36.	Fotografía de fresadora grande	69
37.	Fotografía de equipos grandes	70
38.	Fotografía de cilindro fresador	72
39.	Fotografía de cilindro fresador, sistema fijo	73
40.	Fotografía de cilindro fresador con sistema segmentado	74
41.	Fotografía de cilindro fresador, sistema de cambio rápido	75
42.	Fotografía de cilindro para fresado estándar	76
43.	Esquema de cilindro para fresado fino.....	77
44.	Fotografía de fresado de señalización de carreteras	78
45.	Fotografía de cilindro de microfresado.....	79
46.	Esquema del sentido de giro del cilindro fresador	81
47.	Esquema de una punta de corte	83
48.	Esquema del desgaste en las puntas de corte	84
49.	Fotografía del soporte de la punta de corte con guías.....	85
50.	Esquema de fijación del portadiente	86
51.	Fotografía del detalle en rojo de los raspadores	87
52.	Fotografía de banda transportadora	89

53.	Fotografía sistema de control de velocidad	90
54.	Fotografía de sensor electrónico para profundidad de corte	91
55.	Fotografía de equipo apoyado sobre neumáticos	92
56.	Fotografía de equipo apoyado sobre orugas.....	93
57.	Fotografía de sobreposición de revestimientos asfálticos	96
58.	Fotografía de remiendo de asfalto sobrepuesto	98
59.	Fotografía de deformación plástica del revestimiento	98
60.	Fotografía de desnivel entre la pista y una tapadera de hierro	100
61.	Fotografía de grumos de asfalto	101
62.	Fotografía de grada longitudinal.....	105
63.	Fotografía de agujeros donde se freso.....	106
64.	Fotografía de desprendimiento de capas de asfalto	107
65.	Fotografía de asfalto fatigado.....	108
66.	Fotografía de la marcación del área de trabajo	111
67.	Fotografía de fresado de la pista.....	111
68.	Fotografía de fresado de láminas.....	112
69.	Fotografía de limpieza de la pista	113
70.	Fotografía de fresado en junta longitudinal	114
71.	Fotografía de corte en junta	115
72.	Fotografía de fresado de grietas	116
73.	Fotografía de fresado de áreas grandes	117
74.	Fotografía de cuero de lagarto	118
75.	Fotografía de fresado con tráfico	119

TABLAS

I.	Niveles de severidad de los baches	26
II.	Esquema precios unitarios	123
III.	Integración de costos indirectos de operación	137

IV. Modelo de integración de precio unitario 139

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Cm	Centímetro
Gls	Galones
Hrs	Horas
Km	Kilómetro
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
mm	Milímetro
%	Porcentaje
Q.	Moneda en Quetzales

GLOSARIO

Aglutinantes	Son aquellos elementos que sirven para unir o pegar en las construcciones y llevan a cabo su cometido mediante reacciones químicas en presencia de agua y aire.
Agregado	Material pétreo de composición mineralógica que se combina con un material cementante para formar concreto asfáltico.
Asfalto	Producto derivado de los hidrocarburos que endurece por enfriamiento o evaporación de sus disolventes.
Bache	Desintegración total de la superficie de rodadura que puede extenderse a otras capas del pavimento.
Betún	Betún o bitumen es una mezcla de sustancias orgánicas altamente viscosa, negra, de alta densidad completamente soluble en disulfuro de carbono y compuesta principalmente por hidrocarburos aromáticos policíclicos.
Botadero	Lugar destinado que indica el supervisor o dueño del proyecto para depositar, tirar o almacenar el material resultante del fresado.

Carpeta asfáltica	Capa del pavimento destinada a la circulación de vehículos que protege las capas inferiores y brinda comodidad y seguridad a los transeúntes.
Carretera	Vía de tránsito público en zonas no urbanas.
Cemento asfáltico	Hidrocarburos provenientes de los aceites lubricantes y los combustibles, que sirve como aglutinante en el concreto asfáltico.
Concreto asfáltico	Consiste en un agregado de asfalto y materiales minerales (mezcla de varios tamaños de áridos y finos) que se mezclan juntos, se extienden en capas y se compactan.
CRT	Coeficiente de rozamiento transversal
Emulsión asfáltica	Dispersión de glóbulos de cemento asfáltico dentro de agua en presencia de un agente emulsificante. Puede ser aniónica o catiónica, dependiendo de la carga eléctrica de los glóbulos.
Fresado de pavimento	Es la acción de desgastar o cortar con una máquina diseñada para esto, el asfalto deteriorado.
Grumo	Pequeña masa compacta de asfalto, generalmente redondeada, que se forma en una sustancia líquida o pastosa.

Helicoides	Superficie alabeada engendrada por una recta que se mueve apoyándose en una hélice y en el eje del cilindro que la contiene, con el cual forma constantemente un mismo ángulo.
Ligante asfáltico	Material derivado del petróleo crudo, contiene betún (bitumen), el cual es un hidrocarburo soluble en bisulfuro de carbono. En este caso sirve para unir las capas de la base con la carpeta de asfalto o para recapeo con el asfalto existente con la nueva carpeta asfáltica, para este caso se utiliza la emulsión.
Inherente	Es esencial y permanente en un ser o una cosa que no se puede separar de él por formar parte de su naturaleza y no depender de algo externo.
Intemperismo	Es la desintegración o alteración de la roca por procesos físicos, químicos o biológicos. Estos procesos son inducidos o modificados por el aire, el agua o el clima.
IRI	Índice internacional de rugosidad (siglas en ingles)
IVA	Impuesto al valor agregado
Macroscópico	Que se ve a simple vista sin ayuda del microscopio.

Pavimento

Estructura principal de una carretera construida sobre la sub-rasante y formada por tres capas principales: la sub-base, la base y la capa de rodadura, cuya función principal es soportar las cargas de los vehículos y transmitir los esfuerzos al terreno, distribuyéndose de tal forma que no se produzcan deformaciones peligrosas.

Vía

Calle, camino o carretera por donde transitan los vehículos.

RESUMEN

Para definir las necesidades de rehabilitación existen múltiples formas de realizarlas, obteniendo diferentes resultados, dependiendo del grado de deterioro de la estructura del pavimento.

Si dentro del análisis realizado la opción para rehabilitar el pavimento es utilizar el fresado, en la presente investigación se analizarán las técnicas que existen definiendo las más comunes utilizando la maquinaria adecuada para facilitar el trabajo, según el tipo de daño que presente, los cuales se exponen y definen cada uno específicamente.

Se expone la aplicación de la técnica según el espesor de corte y su rugosidad para la reparación de las diferentes fallas en el pavimento.

Seguido se presentan los diferentes tipos de maquinaria, su tamaño, las partes principales que las conforman, los diferentes tipos de cilindros fresadores, para hacer cortes y diferentes tipos de rugosidad del pavimento, que así lo requiera el trabajo.

Se dan a conocer las ventajas y los problemas al aplicar la técnica de fresado, y las soluciones.

Finalmente se ilustran algunos ejemplos de diferentes proyectos donde se aplicó de diferentes maneras la técnica de fresado y se hizo un estudio con base a los proyectos realizados, para obtener los costos de la utilización de la misma.

OBJETIVOS

General

Definir las técnicas de fresado de pavimentos flexibles aplicables en la República de Guatemala.

Específicos

1. Definir las técnicas de fresado según el tipo de falla encontrado en la estructura actual del pavimento.
2. Especificar cuál es la aplicación correcta de la técnica de fresado según el espesor de corte y la rugosidad resultante en el pavimento.
3. Determinar los equipos de fresado adecuados según las dimensiones y características del mantenimiento a realizar en la estructura actual del pavimento.
4. Fijar las ventajas de la utilización de la técnica de fresado.
5. Establecer los problemas que pueden ocurrir y aplicar las medidas correctivas posteriores al trabajo de fresado.
6. Calcular los costos de la técnica de fresado para la realización de cualquier proyecto.

INTRODUCCIÓN

La conservación de la red vial del país es de mucha importancia debido a los recursos que moviliza. Es por eso que se buscan métodos de mantenimiento más efectivos y económicos para la conservación de las carreteras o vías de acceso, además de ser beneficiosos con el medio ambiente.

Sin embargo, a pesar de ser una de las principales vías de desarrollo, las carreteras del territorio nacional se encuentran en malas condiciones, esto se debe al poco y al mantenimiento mal hecho de parte de las instituciones encargadas de efectuarlo, sumando a esto tramos carreteros que llegaron al final de su vida útil, en varias ocasiones este deficiente mantenimiento se debe a la mala aplicación de los métodos y la incorrecta utilización de los equipos de trabajo.

Existen numerosas formas para darle mantenimiento a los pavimentos tanto rígidos como flexibles, el trabajo de fresado de pavimentos asfálticos es una técnica que ofrece como parte de un proceso de mantenimiento la restauración o rehabilitación de asfaltos deteriorados, resolviendo en su mayoría problemas de tipo urbanos, por ejemplo, evitar sobre alturas en el pavimento y en el drenaje pluvial, y disminuir el efecto de la propagación de grietas, entre otros.

Es importante saber que existe variedad de maquinaria para fresado con diferentes tamaños y cilindros fresadores para ser utilizados según la conveniencia del trabajo de mantenimiento.

Un buen pavimento no depende únicamente del diseño y la producción del concreto asfáltico, también depende del conocimiento y buen manejo de las herramientas, el equipo y la maquinaria adecuada. El buen uso de la maquinaria conlleva a dar seguridad y confort al usuario al utilizar la carretera a la cual se le dio mantenimiento.

Esta investigación pretende ser una guía práctica y fácil de entender los procesos requeridos y necesarios que determinen cuando aplicar la técnica de fresado en un pavimento flexible, y el tipo de maquinaria a utilizar según el tipo de daño en la estructura del pavimento y dar a conocer las ventajas, problemas, soluciones y costos de utilizar esta técnica.

1. GENERALIDADES

Para el mantenimiento de una carretera es importante conocer el estado actual del pavimento existente y es necesario tomar en cuenta varios factores, para los estudios de diseño que conlleva una rehabilitación total o parcial como los costos de inversión, para tomar una buena decisión y encontrar el punto de equilibrio del costo-beneficio.

1.1. Introducción

Las carpetas de rodadura de las carreteras son fabricadas en su mayoría de concreto asfáltico. El concreto asfáltico se compone de una serie de partículas sólidas y un aglutinante, asfalto en este caso, que le brindan características especiales y lo hacen adecuado para este fin. Las partículas sólidas, generalmente pétreas, son de diversos tamaños, cuya proporción se especifica en los reglamentos y normas de construcción de carreteras y que, desde un punto de vista macroscópico, esta composición ofrece un medio homogéneo.

El pavimento de una carretera está sujeto a la acción continua del tráfico y del medio ambiente que lo rodea (clima, temperatura, tiempo). Estos dos factores, junto con el envejecimiento natural de los materiales, hacen que el pavimento sufra un proceso progresivo de deterioro. Este envejecimiento y deterioro del pavimento conlleva a una disminución paulatina en los niveles de seguridad y confort del tráfico, que al sobrepasar ciertos valores hacen necesaria una operación de conservación. La conservación de la red vial en la actualidad es un aspecto de gran importancia debido a los recursos que moviliza.

El presupuesto necesario para el mantenimiento, y los problemas ambientales que de él se derivan, justifican la búsqueda de nuevas técnicas que permitan reducir costos y sean beneficiosas con el medio.

La creciente sensibilización social acerca de la necesidad de preservar el medio ambiente ha hecho que el Estado sea hoy mucho más proteccionista que en el pasado a través del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), esto dificulta la obtención de materias primas adecuadas, aumentando su costo y el de su transporte hasta la obra, porque casi nunca se producen en el lugar donde se necesitan. De igual manera, como resultado del fresado se incrementa la dificultad para encontrar un botadero para los materiales retirados del pavimento a precio razonable. Estos problemas son especialmente dados en áreas urbanas.

El deshecho de los materiales envejecidos del pavimento, además de provocar problemas relacionados con la adquisición de nuevas materias y con su lugar de botadero, resulta contraproducente desde el punto de vista técnico, porque pese a estar envejecidos, conservan buena parte de cualidades. El fresado y la reutilización del conglomerado asfáltico comporta un gran ahorro, debido a que requiere de un porcentaje menor de betún adicional.

El diseño de cualquier pavimento debe de mantener sus características durante toda su vida útil. De esta manera se podrá decidir en cualquier momento la mejor opción de conservación para mantener el nivel de servicio exigido por las necesidades del usuario. Estos sistemas pretenden ser la herramienta ideal para encontrar el momento y el procedimiento óptimo para realizar la conservación de modo que se obtenga el mejor resultado posible al menor costo para la sociedad.

El diseño proporciona los elementos necesarios para poder decidir cuál es la mejor estrategia de mantenimiento para cada caso en particular, considerando a la vez las necesidades y las prioridades de la red vial. El diseño simula las consecuencias positivas y negativas de cada situación posible, lo que permite una mejor planificación de la red y una mejor administración del presupuesto destinado a la conservación.

En el diseño de los pavimentos incluimos el costo social, el costo efectivo de las reparaciones y los posibles gastos externos referidos a la circulación de los vehículos, a los posibles accidentes que puedan derivar del mal estado del pavimento, a los tiempos de demora, entre otros.

Las operaciones de mantenimiento pueden ser muy frecuentes, pero poco importantes o por el contrario, escasas y de mayor envergadura.

Los trabajos de mantenimiento con menor presupuesto o más espaciado en el tiempo conllevan mayores costos a la población. En cambio, un trabajo de mantenimiento más completo y costoso o más frecuente implicaría un menor costo a la población. Es la administración la que debe decidir el tipo de trabajo menos costoso socialmente posible teniendo en cuenta el presupuesto que dispone.

El fresado de pavimentos asfálticos es una técnica común relativamente nueva, aplicada como parte de un proceso de mantenimiento o restauración de pavimentos deteriorados, resolviendo problemas típicamente urbanos, tales como evitar sobre altura en el pavimento vial y drenaje pluvial, además de disminuir el efecto de la propagación de grietas.

Dentro de las operaciones de mantenimiento y reparación de carreteras, el corte del pavimento es una de las más difíciles y laboriosas con un mayor consumo de energía.

1.2. Definición de fresado de pavimentos

Este trabajo consiste en la obtención de un nuevo perfil longitudinal y transversal de un pavimento asfáltico existente, mediante la remoción y/o recuperación parcial o total de las capas asfálticas, de acuerdo con los lineamientos, cotas y espesores indicados en los documentos del proyecto y las instrucciones del supervisor.

El corte de carpetas normalmente se realiza a través de dos métodos, caracterizados por el tipo de herramienta de corte y el movimiento que esta describe, siendo comúnmente conocidos como corte por escarificación y corte por fresado.

En el corte por escarificación, el proceso se realiza con un movimiento de avance rectilíneo de la herramienta (maquinaria utilizada para movimiento de tierra como tractores, excavadoras o motoniveladoras) paralelo a la superficie del material a cortar, generando un área de corte con una profundidad proporcionalmente mayor que el ancho. En el corte por fresado, la herramienta de corte describe una trayectoria producida por un movimiento de giro alrededor de un eje que se mueve transversalmente en línea recta, donde la velocidad de giro como la velocidad de avance del eje son constantes, a esta maquinaria se les denomina fresadora, ver diferentes tipos de máquinas fresadoras en el capítulo 3.

El fresado es una técnica fundamental en la rehabilitación de pavimentos asfálticos deteriorados, es posible levantar las partes defectuosas del pavimento sin afectar a las que estén en buen estado con una sola máquina y de una pasada se elimina el largo, ancho y espesor deseado, cargándolo directamente al camión. Se debe evitar la contaminación del material fresado como por ejemplo aditivos, combustibles, materia orgánica o cualquier material que pueda ablandar y afectar la granulometría de los agregados, con el fin de poder ser utilizados nuevamente.

Los tiempos de trabajo se reducen considerablemente con un impacto mínimo en el tráfico. El material fresado resultante puede ser reutilizado para la fabricación de nuevas mezclas asfálticas o como suelo reciclado en la misma obra. Este será depositado en lugares limpios y donde indique la supervisión o el dueño del proyecto.

La profundidad de corte o fresado depende del estudio de las condiciones actuales del pavimento y se realiza con el objetivo de mejorar la estructura y el confort del pavimento existente, el resultado del fresado de la superficie no debe de presentar irregularidades mayores que las establecidas en las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes a través de la Dirección General de Caminos y las Especificaciones Técnicas del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Unidad Ejecutora de Conservación Vial, COVIAL, de la República de Guatemala.

El fresado dedicado a la restauración de pavimentos originó dos tipos de equipos y procesos específicos con respecto a la temperatura.

Uno efectúa el corte de la estructura por medio simple abrasivo en frío, el proceso es realizado en la temperatura ambiente y el otro un proceso en caliente, se hace el precalentamiento de la estructura para facilitar su corte, este se relaciona como parte de reciclado en el lugar. El fresado en frío es el tema que se desarrollara en esta investigación.

El fresado en frío, produce la fractura de parte de los agregados en la profundidad de corte y consecuentemente, altera la curva granulométrica del material existente en la pista.

La técnica también se puede aplicar a pavimentos de concreto hidráulico, con fresados de espesores delgados, para la regularización de la pista.

La remoción de la carpeta o de la parte dañada, proporciona un mejor control sobre los niveles de la superficie de rodadura; además de promover otras ventajas aplicables a la rehabilitación de puentes y pasos a desnivel, controlando la carga muerta y manteniendo en niveles originales señalizaciones y barreras de seguridad.

Luego de hacer el fresado se debe proceder a quitar por completo los residuos y el polvo por medio de barredora mecánica o compresor de aire o ambos.

1.2.1. Campos de aplicación

A continuación se mencionan algunos lugares donde se puede aplicar la técnica de fresado:

- Calles en donde la reposición del pavimento significaría incrementar la altura actual y sobrepasar los niveles de la acera o banqueteta con el pavimento asfáltico.
- Zonas en las que el pavimento esta fallado con fisuras o grietas y sea necesario cambiarlo.
- Eliminación de baches o defectos producidos por el tendido de la mezcla.
- Para correcciones del IRI y CRT.
- Zonas donde las alturas o cotas del pavimento están bien definidas.
- Realización de juntas de construcción de pavimentos nuevos con los ya existentes, para evitar sobreniveles y pueda ocasionar un accidente o que un vehículo pueda dañarse severamente.
- Correcciones de pendientes en las capas de base.
- Fresados en el perímetro de cajas y pozos de visita en zonas urbanas, con el objetivo de no alterar los niveles originales.

1.2.2. Procedimiento del fresado asfáltico

El corte del pavimento bituminoso se deberá realizar a temperatura ambiente. Se empleará para ello unas máquinas fresadoras que varían desde 35 cm hasta 2.5 m.

Figura 1. Fotografía de máquinas para fresar



Fuente: Wirtgen. *El mundo de las fresadoras en frío de Wirtgen*. p. 18.

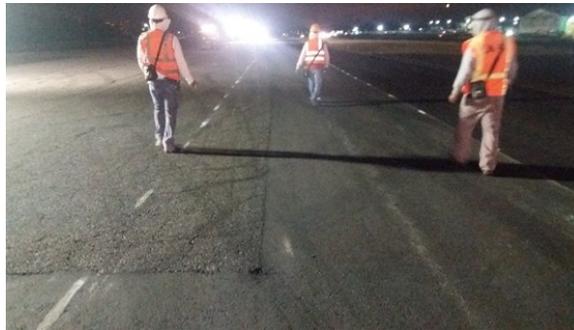
Dicha máquina, su estado, potencia y capacidad productiva, garantizan el correcto cumplimiento del plan de trabajo, con los rendimientos esperados.

Inmediatamente antes de las operaciones de fresado, la superficie del pavimento deberá encontrarse limpia y luego, deberán adelantarse las operaciones de barrido que se requieran para lograr tal condición.

Resumen de los pasos para la ejecución del fresado de pavimentos asfálticos:

- Antes de iniciar el trabajo de fresado se debe de determinar y marcar las áreas a fresar.

Figura 2. **Fotografía de marcación área a fresar**



Fuente: Aeropuerto Internacional La Aurora, Guatemala.

- El cilindro se hará bajar lentamente, hasta alcanzar el espesor de fresado requerido; una vez nivelada la máquina, respetando la pendiente de bombeo, comenzará a cortar y avanzar.

Figura 3. **Fotografía nivelación de cilindro fresador**



Fuente: Aeropuerto Internacional La Aurora, Guatemala.

- Los camiones se colocarán por delante de las máquinas avanzando a la misma velocidad que éstas, de modo que la banda transportadora vierta siempre sobre la palangana del camión de volteo. Esto es para máquinas que poseen banda, cuando no las hay este trabajo se apoya con máquinas que recogen el material pueden ser minicargadores o retroexcavadoras.

Figura 4. **Fotografía de carga de material fresado al camión**



Fuente: Wirtgen. *El mundo de las fresadoras en frío de Wirtgen*. p. 18.

- Una vez lleno el camión, la fresadora se detendrá hasta que otro camión ocupe el lugar del primero.
- Por detrás de la fresadora trabajará una escoba mecánica se puede complementar con un compresor de aire, con el fin de eliminar toda la gravilla suelta de la pista. Ver figura 5.

Figura 5. **Fotografía de escoba mecánica y compresor de aire**



Fuente: Aeropuerto Internacional La Aurora, Guatemala.

- Donde esté prevista una junta transversal de fresado, se procederá a levantar el cilindro gradualmente, de modo que quede una transición lo más suave posible.
- En ningún caso se abrirá al tráfico un carril dejando una grada lateral formado por una junta longitudinal de fresado.

Figura 6. **Fotografía de junta longitudinal**



Fuente: Aeropuerto Internacional La Aurora, Guatemala.

- El producto procedente del fresado se transportará al lugar indicado por la supervisión o dueño del proyecto, si es propio se lleva a la planta donde se producen las mezclas asfálticas para su acopio y posterior reciclado.
- Al final de cada jornada, una vez se haya sacado la máquina de la pista, se procederá a revisar el estado del cilindro, de los dientes y bases sustituyéndolas de ser necesario.
- Se contará en obra con un camión cisterna para llenar con agua el depósito de la fresadora cada vez que se requiera.

1.3. Opciones de mantenimiento de pavimentos

La carpeta asfáltica o superficie de rodadura es el área destinada a la circulación de vehículos.

Tiene varias funciones, entre ellas tenemos:

1. Proteger la estructura principal del pavimento del agua y el desgaste producido por la circulación de vehículos y brindar un mejor confort al usuario.
2. Proveer de una superficie segura y cómoda para el tránsito de vehículos por la carretera.
3. Transmitir cargas a las capas inferiores del pavimento (base y sub-base).

El asfalto, como cualquier otro material, al ser sometido repetidamente a cargas de diferentes tipos presenta fallas que dependen de la magnitud y el tipo de fuerza aplicada.

También la calidad de los materiales empleados en la construcción de la carretera y los métodos constructivos empleados tienen relación con el apareamiento de fallas en la carpeta asfáltica.¹

La remoción de la carpeta asfáltica se realiza con el objeto de corregir una serie de defectos superficiales, además de promover un refuerzo estructural a la capa de rodadura.

Existen varios tipos de fallas y sus respectivos mantenimientos o rehabilitaciones para los pavimentos asfálticos.

1.3.1. Tipos de fallas en concreto asfáltico

Existen diferentes tipos de fallas en concreto asfáltico, como se explicó anteriormente depende del tipo y magnitud de la carga aplicada y del uso y calidad de los materiales empleados en la construcción de una carretera.

El mantenimiento de la superficie de rodadura pretende conservarla en buen estado, de tal manera que preste el servicio para el cual fue diseñada de una manera eficiente, a continuación, se presentan algunas fallas comunes que se pueden reparar aplicando la técnica de fresado.²

1.3.2. Fisuras y grietas

En la actualidad uno de los problemas con mayor incidencia en el deterioro de las vías asfaltadas es la presencia de fisuras. Existen diversidad de fallas por fisuras y grietas de las cuales mencionamos las más comunes.

¹ ALDANA SALGUERO, Josué Roberto. *Mantenimiento de carreteras con concreto asfáltico en caliente*. p. 29.

² *Ibíd.* p. 29.

1.3.2.1. Fisura cuero de lagarto

Serie de fisuras interconectadas formando pequeños polígonos irregulares de ángulos agudos, generalmente con un diámetro promedio menor a 30 cm. El fisuramiento empieza en la parte inferior de las capas asfálticas, donde las tensiones y deformaciones por tracción alcanzan su valor máximo y se propagan a la superficie.

Este tipo de fisuras ocurren necesariamente en áreas sometidas al tránsito, como las huellas de canalización del tránsito. Si la base y la sub-base son débiles, el fisuramiento será acompañado por ahuellamientos. Cuando el drenaje es inadecuado, el fisuramiento se presentará en primera instancia, en las huellas de canalización exteriores. En su etapa final, el agrietamiento se transforma en bache.

Figura 7. Fotografía de cuero de lagarto



Fuente: Anillo Periférico Norte, zona 2, Guatemala.

Estas fisuras son causadas por la fatiga de las capas de asfalto al ser sometidas repetidamente a la acción de cargas. Existen tres tipos de severidad: bajo, mediano, y alto.³

³ ALDANA SALGUERO, Josué Roberto. *Mantenimiento de carreteras con concreto asfáltico en caliente*. p. 31.

Estas por lo regular se presentan en grandes extensiones de áreas por lo que se puede utilizar máquina mediana y de gran porte para repararlas, para posteriormente aplicarle la capa asfáltica. No se debe dejar abierto al tráfico se debe de aplicar el mismo día el asfalto para evitar accidentes.

1.3.2.2. Fisuras en bloque

Conjunto de fisuras interconectadas formando piezas aproximadamente rectangulares, de diámetro promedio mayor de 30 cm, con un área variable de 0.10 a 9.0 m². La fisura en bloque se presenta normalmente en un área grande del pavimento y algunas veces ocurren solamente en las áreas no afectadas por el tráfico.

Su causa es principalmente la contracción de las mezclas asfálticas debido a las variaciones diarias de temperatura. También frecuentan ocurrir en pavimentos bituminosos colocados sobre bases granulares estabilizadas o mejoradas con cemento Portland, que se producen a raíz de la contracción eventual de la capa estabilizada y se reflejan en la superficie del pavimento. A veces es difícil constatar si las fisuras y grietas son debido a contracciones producidas en la capa de rodadura o en la base y sub-base. La ausencia de tráfico tiende a acelerar la formación de estas grietas de contracción. También se debe a cambios de volumen del agregado fino de las mezclas asfálticas con un ligante de penetración baja.

Las fisuras en bloque se miden en metros cuadrados de superficie afectada. Normalmente ocurren a un nivel de severidad en una sección del pavimento, pero cuando se observe diferentes niveles de severidad se miden y registran separadamente, en caso que no se puedan diferenciar, la totalidad del área se califica con la mayor severidad observada.⁴

⁴ ALDANA SALGUERO, Josué Roberto. *Mantenimiento de carreteras con concreto asfáltico en caliente*. p. 31.

Cuando es muy grande la severidad del daño y no se pueden sellar entonces es necesario utilizar una fresadora de pequeño porte para repararlas siempre aplicándole el asfalto el mismo día para evitar problemas de lluvia o la circulación de los vehículos. Ver figura 8.

Figura 8. **Fotografía de fisuras en bloque**



Fuente: Residencial Colinas de Monte María Sur, Villa Nueva.

1.3.2.3. Fisuras en arco

Son fisuras en forma de la luna en cuarto creciente que apuntan en la dirección de las fuerzas de tracción de las ruedas sobre el pavimento. Las fisuras en arco no necesariamente apuntan en el sentido del tránsito.

Por ejemplo, cuando se frena un vehículo en una cuesta las líneas estarán en sentido contrario.

Son producidas cuando los efectos de frenado o giro de las ruedas de los vehículos provocan un resbalamiento y deformación de la superficie de pavimento. Esto ocurre generalmente cuando se combinan una mezcla asfáltica de baja estabilidad y una deficiente adherencia entre la superficie y la siguiente capa de la estructura del pavimento.

La falta de riego de liga, un exceso de ligante o la presencia de polvo durante la ejecución de los riegos, son factores que con frecuencia conducen a estas fallas.

Asimismo, espesores de carpeta muy reducidos sobre superficies pulidas, especialmente sobre pavimentos de concreto, suelen ser causas primarias en muchos casos. La causa también puede ser un contenido alto de arena en la mezcla, sea arena de río o finos triturados.⁵

Este tipo de falla cuando no se corrige a tiempo va creciendo considerablemente hasta que se vuelve un problema para el tránsito. Cuando inicia se puede utilizar maquinaria pequeña, pero si se deja al tiempo muchas veces es necesario levantar secciones grandes de pavimento y aquí se puede utilizar maquinaria mediana o de gran porte. También es necesario que después de fresado se le aplique el asfalto.

Figura 9. **Fotografía de fisuras en arco**



Fuente: Boulevard San Cristóbal, Zona 8 de Mixco.

⁵ ALDANA SALGUERO, Josué Roberto. *Mantenimiento de carreteras con concreto asfáltico en caliente*. p. 32.

1.3.2.4. Fisura transversal

Fractura de longitud variable que se extiende a través de la superficie del pavimento, formando un ángulo aproximadamente de 90° con el eje de la carretera. Puede afectar todo el ancho del carril o limitarse a los 0.60 m próximos al borde del pavimento.

Las posibles causas de estas fisuras pueden ser:

1. Contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad, debido a un exceso de filler, envejecimiento asfáltico, etc. Particularmente ante las bajas temperaturas y gradientes térmicos importantes.
2. Reflexión de grietas en la capa subyacente, incluyendo pavimentos de concreto, con excepción de la reflexión de sus juntas.
3. Defectuosa ejecución de las juntas transversales de construcción de las capas asfálticas de superficie.
4. Se producen en drenajes transversales mal compactados.
5. Por cambio de rigidez en los materiales, específicamente en la base.

De acuerdo con el ancho de las fisuras se puede establecer tres tipos de severidad:

- **Baja:** Un ancho promedio inferior a 3 mm sin ramificaciones.
- **Media:** Un ancho promedio entre 3 mm y 6 mm sin sellar, y, cualquier fisura sin sellar menor a 6 mm que presente ramificaciones.
- **Alta:** Cualquier fisura sin sellar con un ancho promedio mayor a 6 mm. Cualquier fisura sellada o no con ramificaciones constituidas por fisuras erráticas, moderadas a severas.

Las fisuras transversales se miden en metros lineales. La longitud y severidad de cada fisura debe registrarse después de su identificación.

Si la fisura no tiene el mismo nivel de severidad en toda su extensión, cada porción evidenciando un diferente nivel de severidad, debe ser registrada separadamente.⁶

Por ser reparaciones menores se utiliza maquina pequeña para fresado cuando el procedimiento de fresado ya no es factible y se le coloca el asfalto una vez terminado el fresado.

Figura 10. **Fotografía de fisura transversal**



Fuente: 16 calle, zona 14, Guatemala.

⁶ ALDANA SALGUERO, Josué Roberto. *Mantenimiento de carreteras con concreto asfáltico en caliente*. p. 33.

1.3.2.5. Fisura longitudinal

Fractura que se extiende a través de la superficie del pavimento, paralelamente al eje de la carretera, pudiendo localizarse en las huellas de canalización de tránsito, en el eje o en los bordes del pavimento. La ubicación de la fisura es indicativa de la causa más probable.

Entre las posibles causas de las fisuras longitudinales tenemos:

1. Principio del fenómeno de fatiga por debilidad estructural, ocurren en las huellas de canalización del tránsito.
2. Deficiente ejecución de las juntas longitudinales de construcción, al distribuir las mezclas asfálticas durante la construcción; ocurren en el eje y coincidencia con los carriles de distribución y sobrecanchos.
3. Contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad, particularmente ante cambios de temperatura importantes.
4. Reflexión de fisuras causadas por grietas existentes por debajo de la superficie de rodamiento; incluyendo fisuras en pavimentos conformadas por capas estabilizadas químicamente o de concreto, usualmente se presentan combinadas con fisuras transversales.
5. Deficiente confinamiento lateral, por falta de hombros y cordones o bordillos, que provocan un debilitamiento del pavimento en correspondencia con el borde. Estas, asociadas a las cargas del tránsito, ocurren a una distancia de 0.30 a 0.60 m del borde.
6. También se presentan en zanjas de drenaje, teléfono, electricidad, etc.

De la misma manera que con las fisuras transversales, existen tres niveles de severidad: bajo, mediano y alto.⁷

Se pueden fresar con maquinaria pequeña y aplicarle el asfalto.
Ver figura 11.

Figura 11. Fotografía de fisura longitudinal



Fuente: Residencial Colinas de Monte María Sur, Villa Nueva.

1.3.2.6. Fisura por reflexión de junta

Se presentan sólo en pavimentos mixtos constituidos por una superficie asfáltica sobre un pavimento de concreto hidráulico, con juntas y en áreas de recapeo de mezcla asfáltica sobre concreto rígido. Consiste en la propagación ascendente hacia la superficie asfáltica, de las juntas del pavimento de concreto. Como consecuencia, por efecto de la reflexión, se observan en la superficie fisuras longitudinales y/o transversales que tienden a reproducir las juntas longitudinales y transversales de las losas inferiores.

⁷ ALDANA SALGUERO, Josué Roberto. *Mantenimiento de carreteras con concreto asfáltico en caliente*. p. 35.

Son causadas principalmente por el movimiento de las losas de concreto, como resultado de cambios de temperaturas o cambios en los contenidos de humedad.

Las grietas por reflexión se propagan dentro de la capa asfáltica, como consecuencia directa de una concentración de tensiones; asimismo, si por la aplicación de las cargas de tránsito las losas experimentan deflexiones verticales importantes en las juntas, la reflexión se produce con mayor rapidez.

El tránsito puede producir la rotura de la capa asfáltica en la proximidad de las fisuras reflejadas, resultando en peladuras y eventualmente baches.

De acuerdo con el ancho que presenten estas fisuras se puede determinar su grado de severidad de la siguiente manera: a) **bajo**: fisura sin sellar de ancho promedio menor a 5 mm o fisuras selladas de cualquier ancho con material de sello en condición satisfactoria, b) **mediano**: fisura sin sellar de ancho promedio entre 5 mm y 15 mm y c) **alto**: cualquier fisura, sellada o no que presente un agrietamiento en la superficie de moderado a severo o fisuras sin sellar de ancho promedio mayor a 15 mm.⁸

En la figura 12 se muestra un esquema de lo que sucede en las fisuras por reflexión de junta.

Este tipo de grieta es bastante común en áreas de puentes, debido al movimiento constante del mismo por el tráfico, en la actualidad se utiliza el fresado con maquinaria pequeña si es para reparar solo las grietas o grande para cambiar todo el pavimento del puente. Debido a la constante necesidad de evitar fisuras prematuras y reparaciones constantes el fresado se combina con asfaltos modificados para retardar ambas.

⁸ ALDANA SALGUERO, Josué Roberto. *Mantenimiento de carreteras con concreto asfáltico en caliente*. p. 37.

Figura 12. **Fotografía de fisura por reflexión de junta**



Fuente: 8ª calle y 33 avenida, zona 11, Guatemala.

1.3.3. Deformaciones superficiales de pavimentos asfálticos

Las deformaciones superficiales o plásticas son canales que se forman a lo largo de la trayectoria longitudinal de la circulación de los vehículos, exactamente en las huellas por donde ruedan los neumáticos sobre el pavimento. Representan la acumulación de pequeñas deformaciones permanentes producidas por aplicaciones de carga provenientes del mismo rodado de los vehículos sobre la superficie del pavimento y es uno de los tipos de deterioro que más preocupa dentro del estudio del comportamiento de las mezclas asfálticas en caliente.

1.3.3.1. Ahuellamiento

Hundimiento longitudinal continuo a lo largo del rodamiento del tránsito, de longitud mínima de 6 m. Las cargas repetidas de tránsito conducen a deformaciones permanentes en cualquiera de las capas del pavimento o en la sub-rasante. Las deformaciones son el resultado de una compactación o movimiento lateral de los materiales (fluencia plástica o punzonamiento por corte), ambos por efecto de tránsito. El ahuellamiento indica una insuficiencia estructural del pavimento o una deficiente estabilidad del sistema sub-rasante-pavimento.

En algunos casos se hace más evidente cuando la mezcla asfáltica se desplaza formando un cordón a cada lado del área deprimida.

Las causas posibles incluyen:

1. Las capas estructurales fueron pobremente compactadas en su construcción.
2. Inestabilidad en bases y sub-bases granulares, creada por la presión del agua o saturación de la misma.
3. Mezcla asfáltica inestable.
4. Falta de apoyo lateral por erosión del hombro.
5. Capacidad estructural del pavimento con espesores deficientes de las capas que lo integran.
6. Técnica de construcción pobre y un bajo control de calidad.
7. Utilización de materiales no apropiados o de mala calidad.
8. Las sobrecargas producidas por el tránsito al no estar diseñada la carretera para estos volúmenes.
9. El acompañamiento por levantamiento adyacente a los ahuellamientos, que indica que hay fallas en las capas superiores del pavimento.

Existen tres niveles de severidad, que dependen de la profundidad del ahuellamiento: a) bajo, con profundidad promedio debajo de 10 mm, b) medio, con profundidad promedio entre 10 mm y 25 mm y c) alto, con profundidad promedio mayor de 25 mm.⁹

⁹ ALDANA SALGUERO, Josué Roberto. *Mantenimiento de carreteras con concreto asfáltico en caliente*. p. 39.

Figura 13. **Fotografía de ahuellamiento**



Fuente: Anillo periférico Sur, zona 11, Guatemala.

1.3.4. Desintegración en los pavimentos asfálticos

Esta falla consiste en la rotura del pavimento en pequeños fragmentos sueltos, incluyendo también las partículas del agregado que se desprenden. Este tipo de falla debe corregirse en sus comienzos para evitar que su progreso requiera la reconstrucción completa del pavimento.

1.3.4.1. Bache

Desintegración total de la superficie de rodadura que puede extenderse a otras capas del pavimento, formando una cavidad de bordes y profundidades irregulares.

Los baches se producen por conjunción de varias causas: fundaciones y capas inferiores inestables; espesores insuficientes; defectos constructivos; retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas.

La acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento y/o fundación, o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras tipo cuero de lagarto, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento.

Es decir, se ha cumplido el tiempo de vida útil. Existen tres niveles de severidad Bajo (B), Mediano (M) y Alto (A) en función del área afectada y de la profundidad del bache, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla I. **Niveles de severidad de los baches**

PROFUNDIDAD MAXIMA (cm)	DIAMETRO PROMEDIO DEL BACHE (cm)		
	MENOR A 70	DE 70 A 100	MAYOR A 100
Menor de 2.5	B	B	M
De 2.5 a 5.0	B	M	A
Mayor de 5.0	M	M	A

Fuente: Secretaría de Integración Económica Centroamericana. *Manual Centroamericano de mantenimiento por carreteras*. Tomo III b. p.38.

Los baches pueden afectar únicamente la carpeta asfáltica, pero además puede afectar la estructura principal del pavimento (base y sub-base) por lo que el tratamiento varía según el caso.¹⁰

Figura 14. **Fotografía de bache**



Fuente: Colonia Primavera, Villa Nueva.

¹⁰ ALDANA SALGUERO, Josué Roberto. *Mantenimiento de carreteras con concreto asfáltico en caliente*. p. 45.

1.3.4.2. Desvestimiento

Desintegración superficial de la carpeta asfáltica como consecuencia de la pérdida de ligante bituminoso y del desprendimiento del agregado pétreo, aumentando la textura del pavimento y exponiendo cada vez más los agregados a la acción del tránsito y clima.

Esta anomalía es muestra de que el ligante se ha endurecido perceptiblemente, perdiendo sus propiedades ligantes, o bien que la mezcla asfáltica existente es de deficiente calidad, ya sea por un contenido de ligante insuficiente, empleo de agregados sucios o muy absorbentes, como también por deficiencias durante la construcción, especialmente en tratamientos superficiales bituminosos; frecuentemente se presenta como un desprendimiento de agregados en forma de estrías longitudinales, paralelas a la dirección del riego.

El desprendimiento puede ser originado también en un proceso de descubrimiento por pérdida de adherencia entre el agregado y el asfalto, cuando actúan agentes agresivos tales como solventes y otros derivados del petróleo, e inclusive, la acción del agua (pluvial). También puede ser originado por desgaste natural o envejecimiento del pavimento.

Hay tres tipos de severidad de desvestimiento: bajo, medio y alto. En el primero se presenta pequeños desprendimientos distribuidos erráticamente a lo largo del pavimento. En el nivel medio, tenemos extensivos desprendimientos de agregados pétreos y/o ligante. En el tercero extensivos desprendimientos de agregados gruesos y finos. En la figura 15 se muestra un esquema de cómo se desprende gradualmente el agregado pétreo cuando se comienza a desvestir.¹¹

¹¹ ALDANA SALGUERO, Josué Roberto. *Mantenimiento de carreteras con concreto asfáltico en caliente*. p. 48.

Figura 15. **Fotografía de desvestimiento**



Fuente: Residencial Colinas de Monte María Sur, Villa Nueva.

1.3.4.3. Desintegración de bordes

Consiste en la gradual destrucción de los bordes del pavimento por la acción del tránsito. Se hace especialmente manifiesto en pistas con hombros no pavimentados, en las que existe una significativa porción de vehículos que acceden del hombro al pavimento o en el sentido contrario.

La causa principal es la acción localizada del tránsito, tanto por su efecto abrasivo como por el poder destructivo de las cargas, sobre el extremo del pavimento donde la debilidad de la estructura es mayor debido al menor confinamiento lateral, deficiente compactación del borde, etc. Cuando existen partículas de agregados en la superficie y bajo la acción del tránsito se producen severos desvestimientos.¹²

¹² ALDANA SALGUERO, Josué Roberto. *Mantenimiento de carreteras con concreto asfáltico en caliente*. p. 49.

Como se puede apreciar en la figura 16, las áreas dañadas en estos casos son pequeñas por lo que el tipo de maquinaria para reparar a utilizar es pequeña.

Figura 16. **Fotografía de desintegración de bordes**



Fuente: Carril Auxiliar, Calzada Raúl Aguilar Batres, Villa Nueva.

1.3.5. Otros deterioros en los pavimentos asfálticos

Además de los descritos anteriormente existen otros tipos de fallas en los pavimentos de concreto asfálticos, entre ellos están:

1.3.5.1. Exudación de asfalto

“Consiste en el afloramiento de un material bituminoso de la mezcla asfáltica a la superficie del pavimento. Es causada por un excesivo contenido de asfalto en las mezclas, ocurre en mezclas con un porcentaje de vacíos deficiente durante épocas calurosas”¹³.

¹³ ALDANA SALGUERO, Josué Roberto. *Mantenimiento de carreteras con concreto asfáltico en caliente*. p. 50.

Este tipo de falla depende de la dimensión del daño así será el tipo de maquinaria de fresado a utilizar, por lo regular el daño solo es en las capas superficiales de la estructura del pavimento por lo que solo se fresa hasta la carpeta asfáltica dañada.

Figura 17. **Fotografía de exudación de asfalto**



Fuente: Calzada Raúl Aguilar Batres, zona 11, Guatemala.

1.3.5.2. Parchados y reparaciones de servicios públicos

“Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido para reparar el existente. Los parchados disminuyen el nivel de servicio de la carretera. En general las áreas parchadas tienen un comportamiento inferior al pavimento original”¹⁴.

¹⁴ ALDANA SALGUERO, Josué Roberto. *Mantenimiento de carreteras con concreto asfáltico en caliente*. p. 50.

Las fallas o deterioros en concreto asfáltico pueden ser tratadas para de esta manera mantener la carretera en buenas condiciones para el tránsito de vehículos, este tratamiento depende del tipo de falla y de la magnitud de la misma.

Dadas todas las técnicas de conservación posibles, debe hacerse un análisis de cada una de ellas teniendo en cuenta todos los condicionantes que las puedan afectar.

2. APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE FRESADO SEGÚN EL ESPESOR DE CORTE

De manera resumida, se puede clasificar el fresado de pavimentos por el espesor de corte (superficial, raso y profundo) y la rugosidad resultante en la pista (estándar, fino y microfresado).

La introducción de los equipos de fresado es de fundamental importancia en los servicios de restauración de pavimentos en general, sobre todo por la practicidad y rapidez, permitiendo su uso sólo en lugares que necesitan repararse y pudiendo aun proporcionar:

- a) El mantenimiento de las cotas originales de la pista
- b) La ejecución de reparaciones sin desnivel en juntas, recapeo sólo del carril exclusivo del tráfico o reparaciones específicas del pavimento.
- c) La corrección y/o alteración de la inclinación de las pistas con respecto a los dispositivos de drenaje superficial y/o laterales.
- d) Mantener el nivel de las tapaderas de los pozos de drenaje, entre otras dificultades típicas de las áreas urbanas.

En algunas situaciones, el fresado resulta ser la mejor opción en lugares donde se realizaron recapeos sucesivos sin retirar el pavimento desgastado o viejo, en lugares como puentes, túneles y viaductos donde se necesita mantener las alturas o cotas originales antes de la colocación de la nueva carpeta asfáltica.

Las técnicas de fresado posibilitan un gran número de aplicaciones y a pesar de presentar ciertas semejanzas entre sí, son usadas de manera específica en las obras.

2.1. Fresado superficial

Se conoce como fresado de regularización, es destinado sólo a la corrección de defectos existentes en la superficie del pavimento, no se limita al fresado superficial empleado en la corrección de deformaciones plásticas, exudaciones, etc.

Si el cilindro fresador se encuentra en perfectas condiciones, se puede dejar de lado el posterior recapeo asfáltico de la pista, una vez que la textura obtenida permita la circulación segura de vehículos a excepción de puntos específicos donde la segregación de los materiales que componen la carpeta asfáltica provoque la formación de agujeros que serán necesarios reparar para mantener la circulación segura.

Se pueden ejecutar estos servicios con cualquier modelo de fresadora, optándose según la disponibilidad del equipo y de las áreas a ser fresadas, sin embargo, son más indicados los equipos con cilindros fresadores más anchos para facilitar el trabajo y en lo posible con cilindro para fresado fino, disminuyendo la rugosidad resultante en la pista.

En lugares donde se pavimentó y quedó algún punto de la carpeta asfáltica con cierta irregularidad se puede utilizar esta técnica para mejorar las condiciones del tráfico, utilizando un cilindro para fresado fino y evitar colocar nuevamente asfalto o realizar algún tipo de sello asfáltico innecesario.

2.1.1. Fresado superficial para corrección de defectos superficiales y con bombeo finos

La evaluación de los pavimentos es un conjunto de actividades tanto cuantitativamente como cualitativamente que describen la condición de un pavimento referente a los parámetros de bienestar y seguridad al rodaje, teniendo en cuenta los aspectos funcionales de la vía, como su capacidad de soportar las cargas impuestas por el tráfico.

Según la opinión del usuario, varios son los factores que dañan un pavimento, pero es algo subjetivo, su opinión es algo general, porque solo ven los defectos superficiales de la capa de rodadura. De estos se pueden citar como aspectos principales las elevadas irregularidades longitudinales que llevan a la incomodidad, la baja rugosidad del revestimiento que provoca la falta de adherencia del sistema neumático-pavimento, la presencia de agujeros en la pista, el elevado nivel de grietas con erosión de la capa de rodaje, los constantes hundimientos a causa de la huella de la rueda y aún las severas ondulaciones en la pista.

De esta forma, un simple parecer visual puede dar una demostración de la condición en la que se encuentra el pavimento, desde un punto de vista funcional evaluando los defectos externos, sin evaluar los procedimientos de las metodologías de las especificaciones ya existentes.

Es importante conocer las causas probables de los defectos que provocan el deterioro progresivo del pavimento. Es posible seleccionar entre las alternativas de rehabilitación, aquella que lleve a la eliminación del defecto, como recurso para prolongar la vida útil del pavimento.

El fresado del pavimento es la solución técnica viable para muchos de los defectos observados en los pavimentos, sin embargo, en algunos casos, no es adecuado para la solución del problema, teniendo en cuenta el origen de la causa.

El bombeo de finos es un defecto ocasionado por la carga ejercida por el tráfico y se puede observar por la presencia de material de la subrasante en la superficie del revestimiento; este material alcanza la superficie a través de las grietas existentes de la carpeta asfáltica.

Este defecto es muy común cuando el pavimento se encuentra muy agrietado, con la filtración de agua llegando hasta la subrasante constituida por una capa de material poco permeable, como la arcilla. De esta forma debido al drenaje muy lento del agua en la subrasante, permanece en el interior del pavimento; y con la presión que ejerce el tráfico a través de los neumáticos bombea el agua hacia la superficie por las grietas, cargando partículas finas de material de la subrasante, teniendo como consecuencia el colapso de la estructura del pavimento en poco tiempo.

El fresado y la colocación de la nueva carpeta asfáltica evitarán la filtración de agua en el pavimento, pero las grietas tienden a propagarse y el defecto vuelve en algunos meses.

La solución consiste en retirar la estructura completa del pavimento hasta llegar a la subrasante y sustituir el material que lo conforma, si es un área pequeña por el contrario si el área es muy grande se puede reciclar y colocarle el nuevo pavimento.

2.1.2. Fresado superficial para sonorización

Se trata de fresado superficial discontinuo, con profundidad de corte de aproximadamente 10 mm, generalmente ejecutado a lo largo de las áreas de descanso y de los hombros de las pistas, también se le llama huella sonora.

La superficie fresada expuesta servirá de alerta a los usuarios cuando el vehículo transite fuera del límite de la pista de rodaje, sin causar problemas de seguridad. Esta técnica de prevención de accidentes se aplica en otros países más desarrollados.

Para facilitar la ejecución y no causar preocupaciones con respecto a las distancias entre los fresados, lo mejor es sustituir las ruedas traseras, alineadas con el cilindro fresador, por un conjunto de zapatas u orugas formando una falsa rueda de cinco lados. Durante el avance del equipo, resulta un fresado en distancias constantes, sin que haya necesidad de que el operador levante y baje el cilindro fresador del equipo para esto. Generalmente son utilizados equipos de pequeño porte. Ver figura 18.

- ¿Por qué utilizar la huella sonora?
 - Previene la salida de la pista
 - Mejora la efectividad en ruido y vibración de los vehículos
 - La vida de la huella sonora tiene la misma durabilidad que la capa de rodadura.
 - No tiene mantenimiento.

- Mayor seguridad vial en la época de invierno.
- Mayor visibilidad de la huella con la pintura longitudinal.
- La vibración del vehículo que produce la huella sonora hace de guía cuando la visibilidad es muy baja (niebla, lluvia), aumentando su eficacia.

Figura 18. **Fotografía de equipo y resultado del fresado para sonorización**



Fuente: BONFIM, Valmir. *Fresado de pavimentos asfálticos*. p. 73.

2.2. Fresado raso o de poca profundidad

El fresado raso alcanza normalmente las capas superiores del pavimento, pudiendo llegar, en algunos casos, a la capa subyacente. En la mayoría de los servicios, ese tipo de intervención tiene una profundidad promedio de corte de alrededor de 5 cm.

Este procedimiento es usado en la corrección de defectos y en reparaciones superficiales. Es aplicado, sobre todo, en vías urbanas, donde se desea mantener las cotas originales del pavimento con respecto a los dispositivos de drenaje superficial y obras de arte corrientes. La textura resultante del fresado aumenta la resistencia a la deformación lateral entre el antiguo pavimento y la nueva capa de rodadura.

En los últimos años, teniendo en cuenta los aspectos económicos restrictivos en los mantenimientos viales de la región, especialmente en las rutas nacionales, las instituciones encargadas se han valido de esta herramienta para garantizar la calidad del rodaje de los usuarios de las vías, a niveles económicos satisfactorios, restableciendo las condiciones funcionales de los pavimentos. Aunque ésta en algunos casos no sea la adecuada para el tipo de mantenimiento requerido por el pavimento para alargar su vida útil.

2.2.1. Fresado de áreas discontinuas

Esta aplicación consiste en la ejecución de fresado de áreas discontinuas, con variaciones de largo y ancho, muchas veces, alcanzando el ancho total de uno o más carriles de rodaje. En la mayor parte de los trabajos, esta aplicación ocurre en los carriles más transitados, a este tipo de reparación se le denomina bacheo menor.

En los casos en que el fresado no alcanza el ancho total de la pista, se debe estar atento a la presencia de una grada longitudinal en el pavimento mientras no se ejecuta el recapeo. Esta grada de espesores de corte delgado puede ser tolerable por un periodo de tiempo reducido, si el corte es más profundo, puede poner en peligro la vida de los usuarios especialmente los motoristas.

Para evitar gradas en la pista, el fresado debe ser interrumpido cuando ya haya sido trabajada un área tal que pueda ser aplicada la carpeta asfáltica el mismo día. El inconveniente es que limita la productividad de los trabajos de mantenimiento. Estos trabajos se dan en bacheos menores, sin embargo, para reducir riesgos son muy eficientes.

Cuando se trata de fresado profundo, necesariamente el tramo fresado debe ser aislado al tráfico, al menos hasta la colocación de la carpeta asfáltica.

Se puede utilizar cualquier maquina fresadora para áreas mayores; en el caso de reparaciones menores, se recomienda equipos pequeños y de medio porte, más convenientes tanto en la práctica como en lo económico.

Cuando se trata de áreas aun menores, como rellenar agujeros, se utilizan los equipos de pequeño porte aumentando la capacidad productiva si se compara con otro tipo de herramienta para cortar.

Figura 19. **Fotografía de fresado en áreas discontinuas**



Fuente: pista de los paracaidistas, Puerto de San José.

2.2.2. Fresado continuo de toda la pista

Esta aplicación consiste en la ejecución del fresado en el ancho total de la vía, con los espesores de corte determinados en el proyecto por la supervisión, tal procedimiento se usa en lugares en los que se desea mantener los porcentajes e inclinaciones después del recapeo asfáltico. Solucionar problemas de pavimentos muy oxidados o que presentan gran desgaste superficial, disminuir los efectos de ondulaciones o propagación de grietas en el pavimento con la nueva capa asfáltica e inclusive, eliminar otros defectos existentes en la capa de revestimiento asfáltico, como exudaciones y deformaciones plásticas.

El fresado de toda la pista es utilizado también para aliviar peso sobre puentes y viaductos, causado por recapeos sin quitar las capas inferiores y para restauración de los porcentajes originales de inclinación del pavimento. En este caso, se debe utilizar los equipos de gran porte para disminuir el tiempo de corte en la pista.

Figura 20. Fotografía de fresado continuo de toda la pista



Fuente: 10ª avenida, zona 11, Las Charcas, Guatemala.

2.2.3. Fresado en cuña (desnivel entre la pista y la acera)

El fresado en cuña, es aquel ejecutado solamente en los bordes de las pistas, junto a la cuneta, se inclina el cilindro fresador para el lado deseado para permitir el anclaje de la nueva capa de revestimiento.

Por consiguiente, es de suma importancia observar la ondulación del pavimento existente antes de realizar este tipo de trabajo, pues la repetición de este procedimiento, con el retiro de las capas inferiores solo en los bordes de las vías, puede que acarree situaciones de ondulaciones indeseables, causando incomodidad a los usuarios.

El desnivel entre la pista y la acera o berma, es un defecto derivado de la superposición de capas de revestimiento asfáltico, sin la utilización de equipos apropiados para garantizar la cota original.

En varios proyectos, en sí contemplaba y aún se hace la construcción de la berma con un pequeño pañuelo que sirve para la conducción del agua con desnivel en relación a la pista de rodaje. El defecto toma proporciones indeseadas cuando se ejecutan sucesivas capas de revestimiento sólo en los carriles de tráfico, pasando a ser un riesgo para los usuarios.

Además de esto, el desnivel o el aumento del mismo entre la pista y la berma tiene como causas probables el hundimiento o desgaste del material de la berma.

Para estos casos los supervisores o diseñadores de pavimentos se deben de dar a la tarea de encontrar la mejor solución económica en el caso de un nuevo recapeo en la pista.

Si hubiera necesidad de recapeo de la pista y de la berma, el fresado en cuña del borde de la pista es una buena solución, pues elimina la grada y mejora el drenaje del agua en ese sentido.

Por otro lado, solamente en el recapeo de la pista de rodaje, inevitablemente aparecería un desnivel entre la pista y la berma. El fresado de la pista, en este caso, sería una solución viable económicamente, cuando no hay recursos destinados a la reconstrucción de las bermas para elevar su nivel y no alteraría las cotas del pavimento, sea en la ejecución de reparaciones pequeñas o recuperación de toda la pista.

Figura 21. **Fotografía de fresado en áreas de acera o bordillo**



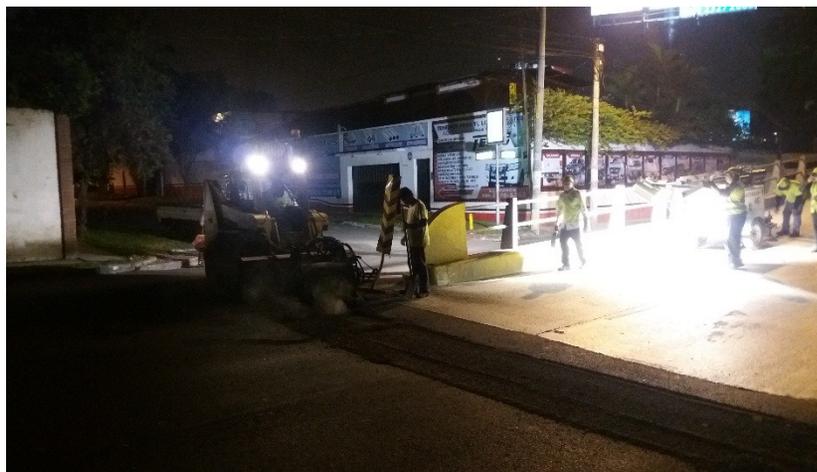
Fuente: Anillo Periférico Norte, zona 2, Guatemala.

2.2.4. Fresado de remates en juntas de construcción

Esta aplicación consiste en ejecutar el fresado del pavimento junto a las diversas interferencias existentes.

Cuando se trata de vías urbanas, estos trabajos son complementarios a los trabajos ejecutados con equipos de gran porte, que generalmente, dejan de fresar alrededor de estas interferencias. La figura 22 muestra el fresado de una junta de construcción en este caso la entrada a un puente.

Figura 22. **Fotografía de fresado en juntas de construcción**



Fuente: 35 calle y 10ª avenida "A", zona 11, Las Charcas, Guatemala.

2.2.5. Fresado para reparación de baches

Los agujeros o baches, como son también conocidos, son defectos puntuales que corresponden, generalmente, a pequeñas áreas. Al principio por varios motivos, por la segregación de ciertos componentes del revestimiento del pavimento y la no intervención a tiempo traerá una aceleración de la segregación, originándose un hoyo.

El empleo de equipos de fresado, en estos casos y en la profundidad necesaria para sanear el problema, es de fundamental importancia desde el punto de vista práctico y económico, pues posibilita el corte de los lugares donde existen hoyos, ofreciendo una condición adecuada para el anclaje de las capas de reconstrucción, no permitiendo el desnivel en las juntas.

También se utiliza en el deterioro de remiendos, es el conjunto de daños existentes en los lugares donde han sido ejecutadas reparaciones en el pavimento. El deterioro de remiendo puede ser ocasionado por mala ejecución o por el tamaño de las reparaciones a que están sujetas determinadas áreas o carriles de rodadura del pavimento.

Si los defectos son de orden técnico, de construcción o de dosificación del material, el fresado puede ser la solución definitiva del problema, pues proporciona el retiro de la capa defectuosa propiciando la recomposición del pavimento con material dosificado de manera adecuada.

Si el problema es estructural, se debe evaluar si el fresado es o no una solución viable económicamente cuando se trata de grandes espesores. En algunos casos, se puede optar por la reconstrucción parcial o total del pavimento. Ver figura 23.

Figura 23. **Fotografía de baches**



Fuente: parque central de Villa Nueva.

2.2.6. Fresado en agrietamientos

Las grietas son los defectos más comunes en los pavimentos asfálticos, pueden ser grietas por fatiga transversal, longitudinal, por propagación de juntas y parabólico, etc.

La primera etapa de las grietas inicia con fisuras del pavimento e inicialmente, se debe evaluar el mecanismo del suceso del agrietamiento y la forma como él se propaga, para entonces decidir cómo solucionar el problema.

En los casos en que el mecanismo de propagación de las grietas pasa de la parte superior del revestimiento asfáltico hacia abajo, el fresado es una solución adecuada pues puede eliminar completamente el problema.

Y en los casos de que el mecanismo de propagación de las grietas pasa de las capas inferiores para la capa de la superficie del pavimento, constituyendo la mayoría de los casos, la utilización del fresado y el posterior recapeo retardan la propagación de las grietas, pero no resuelven definitivamente el problema.

El agrietamiento parabólico o corrimiento de la carpeta asfáltica es un ejemplo de defecto que el fresado soluciona definitivamente, pues se trata de un defecto superficial originado por la poca resistencia de la mezcla asfáltica o por falta de un ligante entre las capas subyacentes y el revestimiento del pavimento.

Figura 24. **Fotografía de fresado para eliminación de grietas**



Fuente: pista de los paracaidistas, Puerto de San José.

2.2.7. Fresado donde existe deformación plástica de los revestimientos (ahuellamiento)

La deformación plástica o exudación de los revestimientos son defectos encontrados en la superficie de los pavimentos provenientes, sobre todo, de la aplicación de una mezcla asfáltica inadecuada, con afloramientos por exceso de betún o ligantes, con fluidez elevada y expuesta a altas temperaturas, no soportan el tráfico y se deforman con la acción de este. El hundimiento marcado por la huella de la rueda es una depresión que ocurre a lo largo de la pista, con consecuente elevación lateral de la capa asfáltica. Agravándose el problema con la superposición de otras capas de revestimiento sin retirar la capa existente inadecuada. Esta técnica de fresado se puede aplicar en algunos casos, por ejemplo:

En el primer caso, el fresado del revestimiento es una técnica adecuada para el caso pues permite el retiro de la mezcla inadecuada que presenta el problema y permite la colocación de una nueva capa asfáltica sin cambiar la inclinación del pavimento.

En algunos casos, para defectos de baja severidad, se emplea el fresado sólo para la regularización de la superficie del revestimiento. Mejorando las condiciones del tráfico, con la mejora de la relación neumático-pavimento.

En el segundo caso, generalmente caracterizado por hundimiento de huella con la rueda con alto nivel de severidad, el fresado permite atacar el problema, solamente con el retiro de la totalidad del espesor necesario para la solución del problema.

Esto implica en la demolición de parte o de todo el pavimento y siendo así, se debe realizar un estudio económico para saber la viabilidad del empleo de fresadoras.

El proceso de exudación es irreversible no hay forma de retirar el exceso de ligante de la mezcla. La exudación de la masa asfáltica acarrea una reducción de la adherencia entre el neumático y el pavimento, situación que se agrava con el pavimento mojado. Para este caso en particular lo mejor será cortar por completo la capa dañada hasta donde este el daño (ancho, largo y espesor de la carpeta). Se puede apreciar un ejemplo en la figura 25.

Figura 25. **Fotografía de ahuellamiento**



Fuente: carril auxiliar, Trébol zona 7, Guatemala.

2.2.8. Fresado en depresiones

Depresión o hundimiento son concavidades que aparecen en los pavimentos, relacionadas a defectos de orden constructiva u originada del hundimiento de la estructura del pavimento en determinados lugares.

Las depresiones de orden constructiva en la capa de revestimiento pueden ser eliminadas con el fresado de espesores delgados y posterior recapeo asfáltico.

En los casos de hundimientos o deformaciones de las capas inferiores, al igual que en los casos anteriores, el fresado representa una solución con el retiro de los espesores necesarios del pavimento para la corrección del defecto, de modo que el pavimento pase a soportar las cargas del tráfico. El fresado en estos casos puede alcanzar las capas de base, sub-base o hasta proceder a la reconstrucción del pavimento.

Figura 26. Fotografía de fresado de depresiones



Fuente: parque central de Villa Nueva.

2.2.9. Fresado en agregados pulidos

Agregados pulidos son defectos funcionales producidos por el desgaste de las aristas de los agregados expuestos en la superficie del pavimento por la acción del tráfico. Así ocurre la disminución del coeficiente de fricción, perjudicando la adherencia entre el neumático y el pavimento.

Merece la pena llamar la atención que los agregados pulidos solamente pueden ser considerados defectos a partir de un determinado momento, en donde la disminución del coeficiente de fricción pase a significar reducción de la resistencia al deslizamiento y un problema serio para la circulación de vehículos.

Estos defectos pueden ocurrir a causa del tipo de agregado utilizado en la confección de la masa asfáltica y no resistente a la acción de tráfico intenso.

El fresado superficial del revestimiento asfáltico puede ser utilizado para proporcionar una buena adherencia entre el neumático y el pavimento y consecuentemente, mejorar las condiciones de resistencia al deslizamiento. Sin embargo, si usa un agregado de calidad inferior, el problema puede volver después de algún tiempo de exposición al tráfico.

En este tipo de intervención, lo recomendable es aplicar el fresado fino o el Microfresado. Ver ejemplo de la figura 27.

Figura 27. **Fotografía de agregados pulidos**



Fuente: calzada San Juan, zona 7, Guatemala.

2.2.10. Fresado en la destrucción del pavimento (cuero de lagarto)

Entre los defectos que abarcan la destrucción del pavimento están la desintegración, la intemperie y el desprendimiento de finos.

Estos defectos se caracterizan por la corrosión del revestimiento a causa del desalojo progresivo de partículas del agregado, por la pérdida del ligante o por la pérdida de adherencia entre el agregado y el asfalto, provocando una serie de grietas continuas y pegadas llamándose como cuero de lagarto.

El fresado puede solucionar el problema basándose en la solución propuesta en el proyecto, ya sea superficialmente o alcanzando grandes espesores de corte. Ver figura 28.

Figura 28. **Fotografía de fresado en cuero de lagarto**



Fuente: Anillo Periférico Norte, zona 2, Guatemala.

2.2.11. Fresado en la diferencia de niveles entre pavimentos existentes

La superposición de revestimientos asfáltico puede ser considerada un defecto a partir del momento en que provoque en la pista una condición indeseada a la seguridad del tráfico.

Por muchos años, los pavimentos asfálticos recibieron nuevas capas de revestimientos para mejorar las condiciones de seguridad y de bienestar al rodaje, sin que se procediese a la retirada de la capa existente. Tal procedimiento fue practicado en virtud de la inexistencia de equipos apropiados para cortar y retirar ese material.

A cada nuevo recapeo, las cotas del pavimento se van elevando, causando varios problemas, tanto de orden técnica como económica.

La adopción de la técnica de fresado, en estos casos, se ha mostrado muy eficiente, permitiendo mantener las cotas originales del pavimento.

En la figura 29 se muestra un ejemplo en donde se puede aplicar este tipo de técnica.

Figura 29. Fotografía de fresado en diferencia de niveles



Fuente: 10ª avenida y 32 calle, zona 11, Las Charcas, Guatemala.

2.3. Fresado profundo

El fresado profundo es aquel en que el corte alcanza niveles considerables, pudiendo alcanzar, además de la capa de revestimiento, las capas de unión, de base y hasta la sub-base de la estructura del pavimento.

Este un procedimiento generalmente utilizado en intervenciones pensadas en el aspecto estructural, sea por recomposición de la estructura del pavimento o incluso por reciclaje e incorporación del revestimiento original de la vía.

Desde el punto de vista funcional, sobre todo conservando la seguridad y el restablecimiento de las condiciones “ideales” donde actúan los dispositivos de drenaje superficial, se utiliza esta técnica para corregir la inclinación original de las vías.

Es un procedimiento también muy indicado en la ejecución de servicios de pequeños remiendos y para cuadrar los agujeros o baches.

Tanto para el fresado superficial, como para el raso y el profundo, se puede utilizar cualquier tipo de cilindro en cuanto a la rugosidad, como veremos más adelante, sin embargo, para los casos en que se desea sólo colocar una nueva carpeta asfáltica, se utiliza el cilindro para fresado patrón. Los demás se vuelven inviables por el mayor consumo de dientes de corte. En Guatemala país no se aplica este tipo de trabajo.

2.4. Fresado según la rugosidad resultante en el pavimento

Se pueden clasificar los tipos de fresado según la rugosidad resultante en la pista como fresado patrón o estándar, fresado fino y microfresado

La rugosidad resultante en la pista depende del tipo de cilindro utilizado en la ejecución del fresado, además de la velocidad de operación. La evolución de los cilindros fresadores permitió mayor aplicabilidad de los equipos de fresado.

Hoy existen cilindros diferenciados disponibles en el mercado, con menor espaciado entre la distancia de ataque de los dientes de corte. Más adelante serán mostrados varios tipos de cilindros fresadores y ejemplos de aplicación.

2.4.1. Fresado estándar

Introducido inicialmente en el mercado, se clasificó como fresado patrón, el fresado resultante del cilindro original de los equipos.

La distancia lateral entre la posición de ataque de los dientes de corte en el pavimento es de aproximadamente 15 mm. Se utiliza este tipo de fresado para el desgaste de capa especificada en el proyecto visando posterior aplicación de nueva capa de revestimiento.

Este tipo de fresado es el más utilizado, es el más común, se utiliza para reparaciones que no son tan detalladas. Se debe de realizar a temperatura ambiente, se puede realizar en varias capas hasta alcanzar el espesor deseado o sugerido por la supervisión o lo requiera el daño existente, debe quedar una superficie nivelada y sin fracturas.

Las aplicaciones de este tipo de fresado se vieron con anterioridad, como por ejemplo fisuras de diferente índole, baches, cuero de lagarto, ahuellamiento, etc. La figura 30 da un ejemplo de cómo queda el acabado de éste tipo de fresado.

Figura 30. **Fotografía de fresado estándar**



Fuente: Anillo Periférico Norte, zona 2, Guatemala.

2.4.2. Fresado fino

El fresado fino fue introducido posteriormente, como resultado de la aplicación de cilindros fresadores con la distancia lateral entre la posición de ataque de los dientes de corte de aproximadamente 8 mm, resultando menores surcos y menor rugosidad en la pista, lo que trajo esta nueva clasificación.

Esta técnica es muy utilizada en la regularización horizontal de las vías, hace posibles mejores condiciones de tránsito a los usuarios. En algunos casos, en este tipo de aplicación, se puede eliminar el recapeo asfáltico posterior de la pista.

Se utiliza para la corrección de CRT (Coeficiente de Rozamiento Transversal).

Es un parámetro que se emplea para determinar el nivel de adherencia entre el neumático y el pavimento, el valor del coeficiente de rozamiento depende de una serie de factores, algunos propios de la carretera mientras otros son responsabilidad del usuario (como la velocidad y el estado de los neumáticos) o la meteorología (lluvia, nieve o hielo en la pista).

Al igual que otras características superficiales, los niveles de adherencia de un pavimento evolucionan con el tiempo como consecuencia del pulido de la superficie por la acción repetida de los neumáticos de los vehículos que hacen que salga el betún existente en el asfalto.

El fresado fino permite mejorar la textura superficial y obtener mayor adherencia en la capa de rodadura evitando el deslizamiento.

Figura 31. **Fotografía de fresado fino, regularización de la pista**



Fuente: EMIN. www.epav.cl. Consulta: octubre de 2018.

2.4.3. Microfresado

El microfresado resulta del fresado con cilindro provisto con dientes para corte posicionados lateralmente una distancia de aproximadamente 2 a 3 mm.

Consiste en la remoción de una capa muy delgada del revestimiento asfáltico, manteniendo los lineamientos del perfil longitudinal o consiste en el corte o desgaste superficial de tiras o franjas de señalización horizontal del pavimento sin alterar el trazo o diseño de la carretera.

Inicialmente los cilindros de microfresado existían solo para equipos de pequeño porte, los dientes de corte eran de menores dimensiones comparándolos con los dientes utilizados en los otros tipos de fresado.

En este tipo de aplicación, la aplicación posterior de una nueva capa de revestimiento es totalmente desechable.

La regularidad es una de las características superficiales de los pavimentos que junto con la textura, resistencia, deslizamiento y propiedades ópticas afectan directamente a la seguridad vial. Su medida se convierte por tanto en especial, no solo por lo que puede incidir en la vida del pavimento, sino también en la seguridad y comodidad.

La evaluación de la rugosidad a través de la determinación del IRI (Índice Internacional de Rugosidad), constituye en la actualidad uno de los controles más importantes para conseguir la máxima calidad en nuestras carreteras, que se refleja en el nivel de comodidad, seguridad y costos de operación.

La corrección del IRI se realiza habitualmente en las capas intermedias donde se producen circunstancialmente fallos en el pavimento y en las terminadoras de asfaltos. Para este tipo de trabajo se utiliza el cilindro de microfresado, dependiendo del daño y de la exigencia de la carretera se podría utilizar el cilindro de fresado fino.

Figura 32. **Fotografía de microfresado**



Fuente: Resansil. Distribuidora de maquinaria para fresado en Guatemala.

En la comparación del fresado estándar con los otros dos tipos de fresado destaca claramente la efectividad del fresado fino con relación a tiempo, costos energía y cantidad de los recursos empleados.

La figura 28 muestra la comparación de los tipos de fresado, según la rugosidad resultante en la pista, estos son, el fresado estándar, fresado fino y microfresado.

Figura 33. **Fotografía de la diferencia entre cortes de fresado**

Fresado estándar



Fresado fino



Microfresado



Fuente: BONFIM, Valmir. *Fresado de pavimentos asfálticos*. p. 25.

3. EQUIPOS PARA FRESADO

Una breve reseña, el equipo de fresado fue concebido a partir de la segunda mitad de la década del 70, simultáneamente, en Europa y América del Norte, como una herramienta adecuada para facilitar y garantizar el corte o desgaste del pavimento en profundidades predeterminadas.

“En Estados Unidos, según relata Wood, entre las empresas que desarrollaron tales equipos están Barber-Green, C.M.I., Barco y Rancho, además de empresas extranjeras”¹⁵.

En la actualidad, en varios países desarrollados existen fabricantes de equipos para fresado, están la Bitelli (hoy de la Caterpillar Company), Caterpillar, Ciber, Dynapac, Ingersoll Rand, Marini, Roadtec, Stravostroj, Sakai, Weber, Wirtgen entre los más conocidos.

Los equipos de fresado pueden ser de diferente medida, según lo requiera el trabajo a realizarse y pueden ser pequeños, medianos y grandes.

Con frecuencia la nomenclatura del modelo del equipo se refiere al ancho del cilindro fresador. Algunos fabricantes se refieren al ancho en centímetros o milímetros, no existiendo ninguna regla en cuanto a esto.

¹⁵ WOOD, J. F. *Transportation Research Record No. 78*. p. 101-102.

3.1. Equipos para fresado según el tipo de trabajo

En la actualidad existen variedad de máquinas para realizar el trabajo de fresado según sea la necesidad y los hay de tres tipos pequeños, medianos y de gran porte. A continuación se describen cada uno.

3.1.1. Equipos de fresado pequeños

Son equipos destinados al fresado de remates junto a diversas interferencias existentes en el pavimento, también pueden utilizarse para el borrado de pintura para señalización de carreteras y su capacidad de corte puede llegar a los 100 mm en una sola pasada.

Anteriormente, una de las grandes dificultades en los servicios de fresado era ejecutar esos tipos de remates. Hoy en día, para facilitar esta tarea, han sido introducidos los equipos de pequeño porte.

Incluso en la actualidad existen aditamentos que hacen el trabajo de fresado en áreas muy difíciles de acceder, que se pueden incorporar a máquinas pequeñas, como los mini cargadores o en las retroexcavadoras tanto como en el brazo que sirve para excavar como en la parte frontal.

Esta es una solución frecuente en pavimentos urbanos y son utilizados sobre todo para la ejecución de pequeñas intervenciones, en puntos definidos donde el equipo mayor no puede realizar este trabajo como reparaciones menores, terminaciones alrededor de tapaderas de hierro, junto a drenajes, entre otros, dado su tamaño, son más fáciles de operar.

Los trabajos mencionados con anterioridad también se pueden realizar con unidades de fresado que se acoplan a otro tipo de equipo. Cabe mencionar que estos equipos no son propiamente de fresado y si de accesorio adaptado hidráulicamente, quedando la productividad muy debajo de la de un equipo específico de fresado.

Cuando no se cuenta con un equipo adecuado para cortar los remates o juntas, es común utilizar sierra de disco o martillo hidráulico ya sea al principio o al final del tramo fresado, para proporcionar un mejor anclaje de la capa asfáltica.

Los equipos de pequeño porte generalmente poseen banda transportadora para carga del material fresado simultáneamente al camión, con excepción de la fresadora Wirtgen modelo W 35, que no posee banda transportadora. También existen equipos pequeños que se operan manualmente.

Los anchos que pueden cortar las fresadoras pequeñas son 35, 50, 55 y 60 cm estos varían según el fabricante.

Figura 34. **Fotografía de fresadora pequeña**



Fuente: Wirtgen. *Fresadora en frío marca Wirtgen modelo W 35 Ri.* p. 2.

La máquina que se muestra en la figura 34 puede cortar 35 cm y se le puede cambiar el cilindro fresador para cortar 50 cm de ancho. A continuación se mencionan algunos equipos de pequeño porte:

- PL 350 S (Dynamac)
- SF 515 (Weber)
- W 35 (Wirtgen)
- W 50 (Wirtgen)
- W 50 DC (Wirtgen)
- W 60 (Wirtgen)

3.1.2. Equipos de fresado medianos

Los equipos de fresado medianos se destinan a la ejecución de fresado tanto de pequeñas como de grandes áreas y su capacidad de corte puede llegar hasta los 210 mm en una sola pasada.

Se pueden utilizar para reparaciones parciales de los pavimentos como lo son los bacheos menores, eliminación de grietas, fresado preciso a lo largo de obstáculos como bordillos o tapaderas de alcantarillado, fresado de juntas o trabajos interiores de edificios en sótanos, túneles o lugares que tienen limitada su altura y estrechos. Sirven como complemento de las máquinas más grandes.

Este tipo de maquinaria debido a su tamaño es de fácil transporte, no se necesita camión grande para trasladarse a la obra. Cuenta con banda transportadora, es decir puede cargar directamente al camión el material fresado durante su trabajo. Ver figura 35.

Ejemplo de algunas máquinas de mediano porte:

- Volpe SF 100 T4 (Bitelli – Caterpillar Company)
- Lince SF 150 (Bitelli – Caterpillar Company)
- PM 102 (Caterpillar Company)
- PRT-225 (C.M.I)
- PL 1000 RS (Dynapac)
- SFS 100 (Stravostroj)
- 1000 C (Wirtgen)
- W 100 (Wirtgen)
- W 1000 (Wirtgen)
- W 1000 L (Wirtgen)
- W 1000 F (Wirtgen)
- W 100 F (Wirtgen)
- W 1200 F (Wirtgen)
- W 120 F (Wirtgen)
- W 1300 F (Wirtgen)
- 1300 DC (Wirtgen)
- 1500 DC (Wirtgen)
- W 1500 (Wirtgen)

El ancho de corte de fresado de estas máquinas suele ser de 100, 120, 130, 150 cm. Depende también del fabricante la variación de los anchos del cilindro.

Figura 35. **Fotografía de fresadoras medianas**



Fuente: BONFIM, Valmir. *Fresado de pavimentos asfálticos*. p. 31.

Los cilindros de las fresadoras mostradas en la figura 35 tienen un ancho de fresado de 1000 mm.

3.1.3. Equipos de fresado grandes

Destinados al fresado de grandes áreas, por tratarse de equipos con cilindro fresador con ancho mayor que el de los anteriormente citados.

Indicados para lugares que ofrecen buenas condiciones para el perfecto desarrollo de los trabajos, sin mucha interferencia, como en calles anchas, donde los cables de corriente eléctrica no sean obstáculo, lugares abiertos como un aeropuerto, plataformas para estacionamientos, rutas nacionales, etc.

A causa de su tamaño, se debe evitar el exceso de maniobras con el equipo, lo que sería perjudicial tanto desde el punto de vista de productividad como de problemas al tránsito local.

El ancho de estos cilindros varía según el fabricante y pueden ser de 195, 200, 205, 210, 215, 220, 250 cm.

Figura 36. Fotografía de fresadora grande



Fuente: Anillo Periférico Norte, zona 2, Guatemala.

La ventaja que tienen estas máquinas modernas es que se les puede cambiar el cilindro para cortar a la medida que se requiera y el tipo de fresado que se necesite.

En la figura 37 se presentan modelos de equipos grandes con cilindros con ancho de fresado de 2000 mm.

Figura 37. **Fotografía de equipos grandes**



Fuente: BONFIM, Valmir. *Fresado de pavimentos asfálticos*. p. 32.

3.2. Principales componentes de los equipos de fresado

A continuación se presentan los principales componentes de los equipos de fresado, describiendo sus funciones e importancia en la operación.

3.2.1. Cilindro fresador

El cilindro fresador es un tambor rígido construido en acero especial, en el cual los dientes de corte son fijos, lo que varía de fabricante a fabricante. Es también conocido como rodillo fresador o tambor fresador.

El sistema de corte del equipo es básicamente el mismo para todos los modelos. Los equipos poseen el cilindro fresador que gira en alta rotación y cuando se pone a cortar, inicia el desgaste del espesor del pavimento.

Los cilindros fresadores son accionados por intermedio de cadenas, fajas o motores hidráulicos, dependiendo del modelo y del fabricante.

La mayoría de los cilindros poseen dientes de corte instalados en forma de “V”, resultado del dibujo formado por dos helicoides a partir de la parte media del cilindro. Esto hace que el material fresado, a causa del giro, sea conducido hacia el centro de la caja del cilindro fresador, facilitando su lanzamiento a la banda transportadora durante el fresado o dejando una hilera de material fresado, para reciclaje “in situ” en frío, entre las zapatas traseras del equipo.

Algunos modelos poseen cilindros compuestos por un único helicoide, haciendo que el material fresado sea dirigido hacia un lado y lanzado sobre la banda transportadora. En la figura 38 se muestra un cilindro para fresado del tipo estándar.

Figura 38. **Fotografía de cilindro fresador**



Fuente: Wirtgen. *El mundo de las fresadoras en frío de Wirtgen*. p. 4.

3.2.1.1. Sistemas para fijar los cilindros fresadores

Los cilindros fresadores pueden ser clasificados según el tipo de fijación que soporta los dientes de corte:

- Sistema fijo: se trata de un sistema helicoidal donde los soportes o bases son soldadas directamente en el cilindro fresador. Tal sistema fue usado inicialmente y cayó en desuso a causa de las dificultades de su mantenimiento. Ver figura 39.

Figura 39. **Fotografía de cilindro fresador, sistema fijo**



Fuente: Wirtgen. *El mundo de las fresadoras en frío de Wirtgen*. p. 4.

- Sistema segmentado: se trata de un sistema helicoidal formado por segmentos atornillados directamente al cilindro fresador. Cada segmento es formado por una base cilíndrica conforme la curvatura del cilindro fresador y por los soportes de los dientes de corte. Aunque ha existido una significativa evolución comparándolo con el sistema fijo, el mantenimiento todavía depende de servicios de soldadura cuando es necesaria la sustitución del soporte o base del diente de corte durante la ejecución del fresado. Ver ejemplo en la figura 40.

Figura 40. **Fotografía de cilindro fresador con sistema segmentado**



Fuente: BONFIM, Valmir. *Fresado de pavimentos asfálticos*. p. 42.

- Sistema de cambio rápido: el helicoide está compuesto por bloques soldados en el cilindro fresador, en cada bloque, es montado un soporte de diente especial que es atornillado en propio bloque. Este tipo de cilindro es muy práctico cuando hay necesidad de mantenimiento, permitiendo el cambio del soporte o la base del diente de corte en unos pocos minutos, sin necesidad de realizar soldaduras. En la figura 41 se puede apreciar.

Figura 41. **Fotografía de cilindro fresador, sistema de cambio rápido**



Fuente: BONFIM, Valmir. *Fresado de pavimentos asfálticos*. p. 43.

3.2.1.2. Tipos de cilindros fresadores

Inicialmente las fresadoras presentaban solamente un tipo de cilindro según la rugosidad resultante en la pista, el modelo para fresado tipo patrón o estándar.

Con seguridad, el cilindro fresador ha sido el componente que más ha evolucionado en los equipos de fresado. Ahí están el sistema para fijar, el cambio de los soportes o bases y el número de cilindros con menor espaciado entre los dientes de corte, disminuyendo la profundidad de los surcos y mejorando la textura resultante en la pista.

La figura 42 muestra un cilindro fresador del tipo estándar o patrón.

Figura 42. **Fotografía de cilindro para fresado estándar**



Fuente: taller de mantenimiento, Pavimentos de Guatemala, S.A.

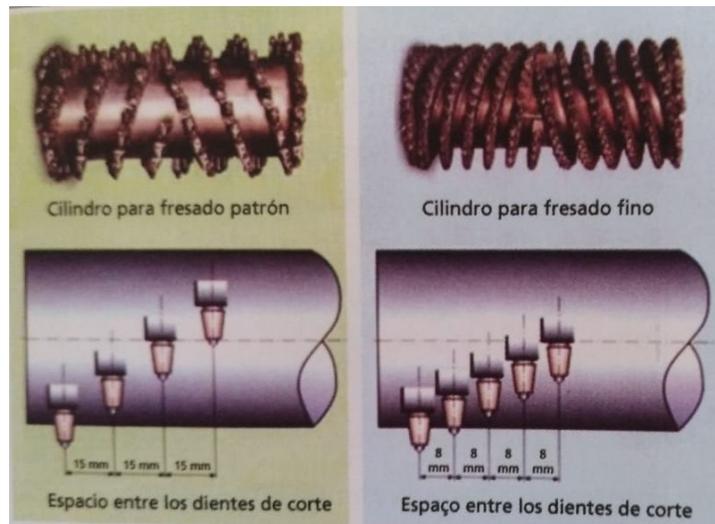
3.2.1.2.1. Cilindro para fresado fino

El fresado fino fue introducido para reducir la rugosidad resultante en la pista, sobre todo para la aplicación en lugares en donde se pretende dejar la superficie fresada expuesta al tráfico, como en los servicios de regulación superficial del pavimento y mejora de la adherencia neumático-pavimento.

El cilindro fresador lleva un mayor número de dientes de corte, es decir, más denso.

El fresado fino, cuando se deja expuesto al tráfico, además de proporcionar un mayor bienestar al rodaje comparado con el fresado estándar, trae otras ventajas, como en la aplicación de micro concreto asfáltico polimerizado, reduciendo el espesor necesario de material, para dejar una superficie menos rugosa. La figura 43 muestra una comparación entre los cilindros estándar y fino.

Figura 43. **Esquema de cilindro para fresado fino**



Fuente: BONFIM, Valmir. *Fresado de pavimentos asfálticos*. p. 37.

3.2.1.2.2. **Cilindro para microfresado**

En el microfresado, el espaciado entre los dientes de corte es incluso menor comparado al fresado fino, pudiendo llegar a 2 o 3 milímetros.

Existen dos tipos de cilindros de microfresado, que se diferencian por las dimensiones de los dientes de corte y consecuentemente por la base.

Inicialmente, fue introducido el cilindro para equipo de pequeño porte y con dientes de corte con dimensiones inferiores a los usados en los cilindros de fresado estándar y fresado fino.

Una de las aplicaciones de esta técnica es la remoción de tiras o franjas de señalización horizontal de las pistas, sin alterar el diseño original de la pista, conforme se puede observar en la figura 44.

Para no alterar el diseño de la pista se recomiendan los equipos de pequeño porte, a causa de su tamaño reducido y versatilidad en la ejecución.

Figura 44. **Fotografía de fresado de señalización de carreteras**



Fuente: Wirtgen. *El mundo de las fresadoras en frío de Wirtgen*. p. 17.

Entre otras aplicaciones del microfresado está la corrección del perfil longitudinal de las vías sin la necesidad de aplicación de nueva capa de revestimiento asfáltico. Para este caso se puede instalar un cilindro de microfresado en una máquina de porte grande.

En tramos de la pista en las que la velocidad del tráfico no es controlada, es de suma importancia que el perfil longitudinal esté dentro de los límites de diseño exigidos en el proyecto.

Este tipo de cilindro permite la corrección del perfil longitudinal sólo con la ejecución del microfresado, con la rugosidad resultante en la pista, evita la aplicación de cualquier tipo de material sobre ella.

Entre aproximadamente 600 tipos de cilindros que están a disposición en el mercado por el fabricante Wirtgen, éste fue pensado para la ejecución de microfresado y permite la corrección de la pista, disminuyendo los costos para enmarcarlo en los parámetros exigidos por el órgano responsable, aún disminuye el tiempo de solución y los consecuentes inconvenientes causados al usuario.

Comparativamente, en un cilindro del mismo ancho para fresado estándar, el número de dientes es de aproximadamente 180 unidades y para fresado fino de 280 unidades, depende también del fabricante.

Figura 45. **Fotografía de cilindro de microfresado**



Fuente: BONFIM, Valmir. *Fresado de pavimentos asfálticos*. p. 38.

3.2.1.2.3. Ancho de los cilindros fresadores

El ancho del cilindro fresador generalmente está relacionado al tamaño del equipo, sin embargo, existen equipos que permiten el cambio del cilindro con anchos diferentes, incluso para la ejecución del fresado fino.

Algunos equipos son montados sobre chasis idénticos, cuyos modelos varían según el ancho del cilindro fresador instalado y la potencia del motor.

Existen cilindros fresadores de diversos anchos, tales como: 350, 500, 600, 1000, 1200, 1300, 1500, 1900, 2000, 2100 mm, etc., entre otros.

Incluso hay equipos que poseen la particularidad de permitir variar el ancho de fresado en múltiplos de 250 mm, así: 250, 500, 750, y 1000 mm.

Para esto se retiran los segmentos deseados y para que no existan daños en el cilindro durante el proceso de fresado, se ponen los segmentos lisos en los lugares antes ocupados por segmentos dentados.

Para el cambio de un cilindro solo se necesitan entre dos a tres horas de trabajo mecánico, haciendo que el equipo sea mucho más versátil, ampliando las posibilidades de las aplicaciones.

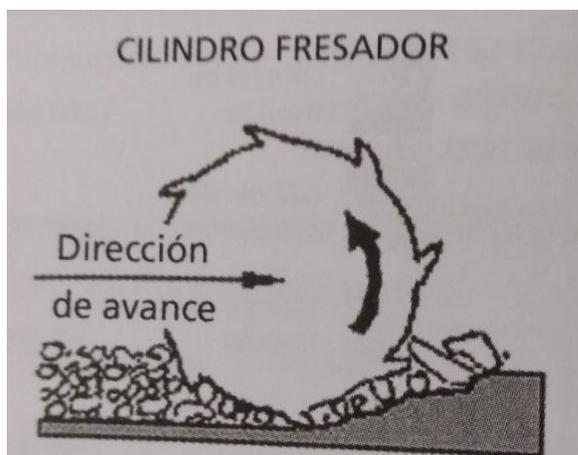
Existen algunos accesorios que pueden ser acoplados a los equipos de fresado, entre ellos el anillo de corte para zanjas.

3.2.1.2.4. Actuación del cilindro fresador en el pavimento

La actuación o rotación del cilindro fresador en el pavimento se hace en sentido anti horario.

La velocidad de operación altera la granulometría del material que resulta del proceso de fresado, principalmente respecto al tamaño de los grumos.

Figura 46. Esquema del sentido de giro del cilindro fresador



Fuente: BONFIM, Valmir. *Fresado de pavimentos asfálticos*. p. 44.

3.2.2. Puntas de corte

Las puntas o dientes de corte, son las puntas de ataque que actúan directamente en el pavimento, responsables para su desgaste.

Estas piezas están compuestas por cuerpos forjados en acero, con punta de material más duro, de carburo, de tungsteno y cobalto.

Los dientes de corte poseen un anillo cilíndrico que envuelve su base para que los mismos estén fijos bajo presión en el interior del soporte, permitiendo que giren libremente durante el proceso de fresado, de forma que se desgasten por igual.

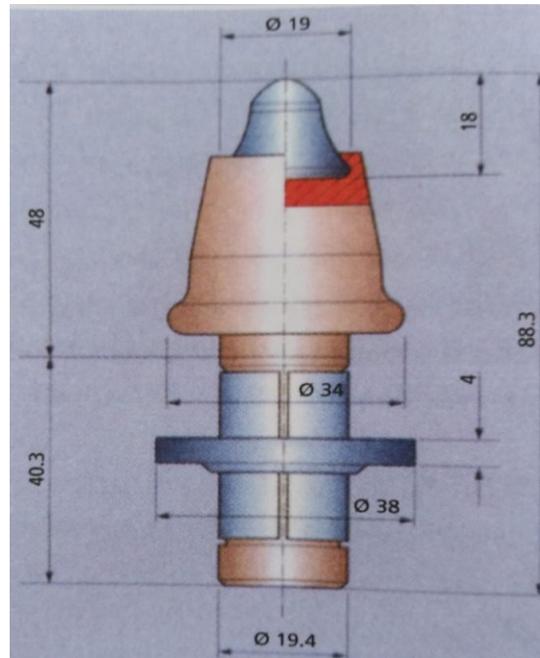
La aplicación de los dientes de corte no se limita a los equipos de fresado, pudiendo ser utilizados en perforadoras o acoplados a lo largo de la lámina de motoniveladoras, entre otras aplicaciones.

El desgaste de los dientes de corte depende, sobre todo, del tipo de aplicación a que se destina y de su calidad. Sin embargo, otros factores pueden disminuir la vida útil de esas piezas, como la temperatura ambiente siendo que, cuanto menor la temperatura, mayor el desgaste. También se pueden incluir la dureza y la calidad de los materiales, tanto para los agregados como para las ligas bituminosas, el espesor de corte y, sobre todo, el estado de degradación del pavimento.

Los equipos de fresado poseen depósito de agua, cuya principal función es esparcir el agua sobre el cilindro fresador, evitando que se atasque el diente de corte en el anillo cilíndrico, lo que ocasionaría su cambio anticipado por desgaste desigual en la pieza, además disminuye la cantidad de polvo producido durante la operación.

Ver dimensiones de una punta de corte para fresado estándar de las fresadoras en frío en la figura 47.

Figura 47. Esquema de una punta de corte



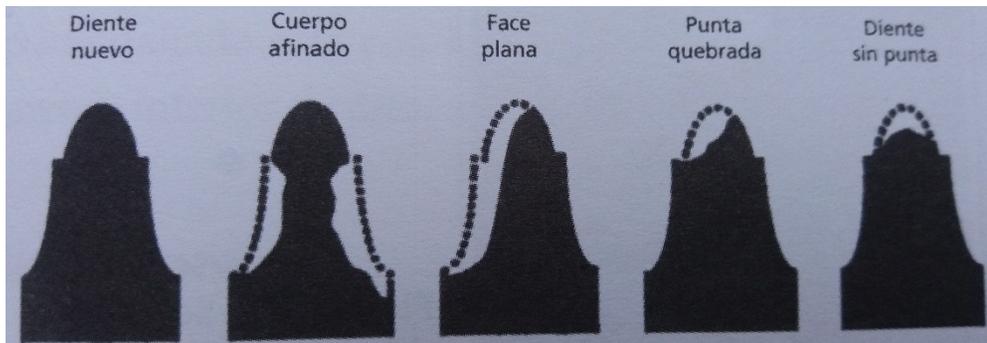
Fuente: BONFIM, Valmir. *Fresado de pavimentos asfálticos*. p. 46.

El desgaste en los dientes de corte puede ocurrir de diversas maneras y estos se deben de sustituir cuando:

- a) El cuerpo del diente se afina alrededor de la punta.
- b) Aparece una figura plana, en consecuencia del desgaste localizado, en uno de los lados del diente, indicando que el diente no está girando en su soporte.
- c) La punta del diente se fractura.
- d) La punta del diente está sin filo.¹⁶

¹⁶ BONFIM, Valmir. *Fresado de pavimentos asfálticos*. p. 46.

Figura 48. **Esquema del desgaste en las puntas de corte**



Fuente: BONFIM, Valmir. *Fresado de pavimentos asfálticos*. p. 44.

3.2.3. Soportes para las puntas de corte

Los soportes o bases de las puntas de corte son las piezas en las que estos están fijados. Tienen posiciones y ángulos de ataque definidos para que el resultado, en el pavimento, sea una superficie de textura rugosa, plana y sin desniveles, con la distancia y profundidad de los surcos regulares.

La durabilidad de estos soportes está directamente relacionada con el estado en que se presentan los dientes de corte del equipo.

Cuando el diente de corte se presenta con mucho desgaste, este hecho, además de reducir la velocidad de trabajo del equipo, hace que, durante los trabajos, los soportes sufran un desgaste superior al normal.

Basado en lo expuesto en el sub capítulo 3.2.1.1., según el tipo de cilindro, algunos soportes están soldados directamente en el cilindro fresador, otros, en los segmentos y atornillados en el cilindro fresador; por último, existen los soportes que son atornillados en componentes soldados en el cilindro fresador.

Para la realización de la soldadura del soporte, algunos poseen guías de orientación y otros no.

Cuando no existen guías para los soportes, la única orientación se refiere a la altura de los mismos en el cilindro. Con respecto al ángulo de ataque, queda a cargo de la habilidad del soldador cuando es necesaria una sustitución.

Por lo contrario, cuando los soportes tienen guías que orientan sobre la altura y el ángulo de su fijación, se garantiza el acabado de una superficie regular después de la reparación.

Figura 49. **Fotografía del soporte de la punta de corte con guías**



Fuente: BONFIM, Valmir. *Fresado de pavimentos asfálticos*. p. 48.

Existen objetos ocultos en el pavimento, como una tapadera de hierro o tapaderas de concreto hidráulico, que pueden ocasionar la fractura de dientes e incluso de soportes del cilindro fresador y dependiendo de la gravedad del problema, su puede parar el trabajo hasta su reemplazo.

El sistema para fijar presentado en la figura 50 permite el cambio del soporte dañado sólo con la remoción del tornillo ubicado en el componente inferior de éste, sin necesidad de soldadura. Sistema de cambio rápido.

Figura 50. **Esquema de fijación del portadiente**



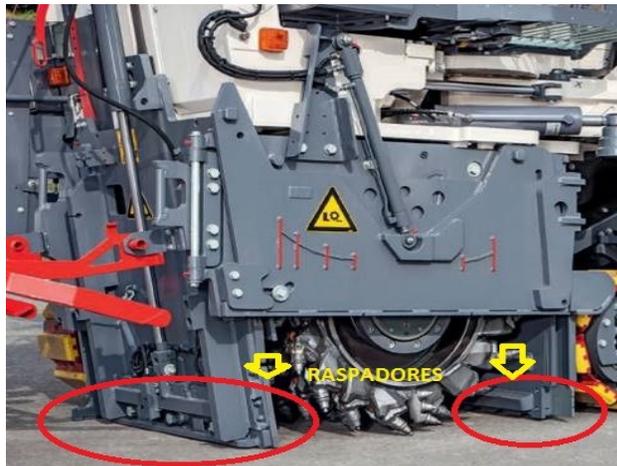
Fuente: BONFIM, Valmir. *Fresado de pavimentos asfálticos*. p. 48.

3.2.4. Raspadores

Los raspadores son de acero forjado y metal duro, se fijan con tornillos en la parte inferior de la tapa de la caja del cilindro fresador, a lo largo de ella.

En el mercado son encontradas piezas unitarias, triples o en anchos superiores, depende del fabricante.

Figura 51. **Fotografía del detalle en rojo de los raspadores**



Fuente: Resansil. Distribuidora de maquinaria para fresado en Guatemala.

Los equipos de fresado no poseen sistema de aspiración y recolección del material fresado. Como ya se había mencionado, el material es enviado a la banda transportadora, cuando la caja del cilindro fresador ya está con un volumen de material suficiente para eso. Por esto, durante el fresado, la tapa de la caja del cilindro debe de permanecer cerrada y el trabajo de los raspadores es actuar sobre la superficie con cierta presión para dejar el mínimo de material granular y polvo de fresado sobre la superficie.

Al realizar el trabajo del fresado con la tapa del raspador levantada resulta en una superficie de textura más rugosa. Prueba de esto es que con un cilindro fresador dañado, pese a que ese problema provoca una alteración del nivel de los surcos (resultando surcos diferentes en la superficie fresada), los raspadores actúan minimizando el problema.

Raspadores dañados o la falta de alguna unidad pueden ser los responsables de una superficie de fresado irregular.

Cuando las condiciones son ideales para el trabajo, el problema seguramente se refiere al cilindro, por uso de bases y dientes de tamaños diferentes (provenientes de diferentes fabricantes) o por el desgaste natural del mismo, dejándolos irregulares.

3.2.5. Banda transportadora

La banda transportadora es la parte del equipo utilizada para transportar y depositar el material, simultáneamente a la operación de fresado, en camiones de volteo para transporte al lugar determinado para depositarlo. Casi todos los equipos de fresado poseen banda transportadora, con excepción de algunos modelos de equipos de pequeño porte, en donde el material fresado queda en el mismo lugar donde se trabaja.

Algunos equipos cargan por la parte trasera, generalmente los de pequeño y mediano porte, haciendo que los camiones acompañen la carga del material fresado moviéndose en marcha atrás.

Generalmente, los equipos de gran porte cargan por la parte de adelante y en estos casos, los camiones de volteo acompañan los trabajos al frente de las fresadoras. Los anchos de la banda transportadora varían según el tamaño de la máquina y del fabricante, pero pueden ser de 25, 35, 40, 65, 85 cm, etc.

No hay ningún criterio definido por parte de los fabricantes si el tipo de carga es frontal o trasera a causa del tamaño o modelo del equipo.

La tendencia es que la carga sea frontal, algunos fabricantes desarrollaron nuevos equipos, similares a los anteriores, optando por este tipo de carga.

A nivel práctico, la banda transportadora trasera hace que necesariamente los camiones de volteo tengan que maniobrar al término del cargamento cuando el equipo está trabajando en pista de mano única y posicionarse en la dirección del tráfico.

En vías estrechas en los grandes centros urbanos, la banda transportadora podrá estorbar cuando haya necesidad de realizar maniobras con el equipo, teniendo en cuenta obstáculos como postes y letreros de señalización situados a un costado del lugar del trabajo. Algunos equipos poseen hoy en día la banda transportadora con doble cable, facilitando incluso, el transporte del equipo en camiones.

Figura 52. **Fotografía de banda transportadora**



Fuente: taller de mantenimiento, Pavimentos de Guatemala, S.A.

3.2.6. Sistema de control de velocidad

La velocidad de desplazamiento del equipo es controlada mediante palancas que son accionadas manualmente.

Existen dos tipos de velocidad: la de desplazamiento y la efectiva de trabajo. Esta es menor y varía según el tipo de equipo, del espesor de corte, del grado de oxidación y degradación del pavimento, entre otros, por ese motivo, la velocidad de trabajo sólo puede ser determinada con medidas reales en campo.

Figura 53. **Fotografía sistema de control de velocidad**



Fuente: Resansil. Distribuidora de maquinaria para fresado en Guatemala.

3.2.7. Sistema del control de la profundidad de corte

Los equipos de fresado proporcionan la condición de realizar el corte del pavimento con diferentes espesores, con espesores iguales de ambos lados y con espesores diferentes de cada lado del equipo, que permite realizar el corte inclinando el equipo hacia la derecha o a la izquierda.

Además de los movimientos transversales de inclinación, los equipos permiten variar los espesores de corte a lo largo de los tramos de fresado.

La profundidad de corte es controlada de forma manual o electrónicamente por medio de sensores, dependiendo del modelo, tiene como referencia las cotas de la superficie del pavimento en donde se apoyan los esquíes del equipo.

En el sistema manual, el operador ajusta la profundidad de corte girando las manivelas existentes de ambos lados del equipo y haciendo la lectura en una regla situada a cada lado.

En el otro caso, el ajuste es electrónico utilizando informaciones enviadas por los sensores ópticos dirigidos hacia la superficie de referencia.

Figura 54. **Fotografía de sensor electrónico para profundidad de corte**



Fuente: taller de mantenimiento, Pavimentos de Guatemala, S.A.

3.2.8. Sistema de apoyo en el equipo

Los equipos de fresado están apoyados sobre neumáticos macizos.

3.2.8.1. Sobre neumáticos

La mayoría de los equipos de fresado de pequeño porte y medio porte se apoyan encima de neumáticos, como se ilustra en la figura 55.

Figura 55. **Fotografía de equipo apoyado sobre neumáticos**



Fuente: Wirtgen. *El mundo de las fresadoras en frío de Wirtgen.* p. 18.

3.2.8.2. Sobre orugas

La mayoría de los equipos de gran porte están apoyados sobre orugas, por ser equipos más pesados, para una mejor distribución del propio peso en la superficie de apoyo.

Las orugas están revestidas con material del tipo poliuretano para que no dañen o dejen marcada la superficie del pavimento recién colocado.

La Figura 56 muestra la máquina del fabricante Wirtgen modelo W 2000 apoyada sobre orugas.

Figura 56. **Fotografía de equipo apoyado sobre orugas**



Fuente: taller de mantenimiento, Pavimentos de Guatemala, S.A.

4. VENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DE LA TÉCNICA DE FRESADO

Las aplicaciones de la técnica de fresado descritas anteriormente, enfatizan su viabilidad, sin embargo, esto no significa que en todos los trabajos de mantenimiento y recapeo de la pista sea necesario el empleo de fresadoras.

Constantes recapeos asfálticos pasan a presentar situaciones indeseables que justifican la utilización de la técnica para la solución de muchos problemas, siendo así, se presentan a continuación sus principales ventajas.

4.1. Mantenimiento de la pendiente del pavimento

El fresado de un determinado espesor del revestimiento definido en el proyecto permite el retiro del material degradado para colocación de nuevo material, sin el cambio de las cotas originales del pavimento con relativa mejoría estructural y funcional.

Sucesivos recapeos sin el retiro del revestimiento existente pueden provocar problemas de orden visual, funcional y de seguridad.

Los problemas visuales son aquellos observados cuando las cotas de la pista de rodaje en los bordes llegan a ser superiores a la cota de las aceras.

Uno de los problemas funcionales transcurre de la modificación de la sección transversal de desagüe de las aguas pluviales, ocasionando la inundación de los desagües y deformación de las sucesivas capas de revestimiento sobre las cunetas, disminuyendo su capacidad de absorción.

Otro importante problema, también funcional, se da por la disminución de la altura bajo puentes, viaductos y dentro de túneles.

La alteración de la sección transversal del pavimento causa, también, problemas de seguridad a causa de la inclinación excesiva de la pista, además del hecho de que los usuarios quedan expuestos a accidentes derivados de la disminución de la altura de los bordillos cuya finalidad es delimitar justamente la vía de la acera.

La figura 57 presenta un pavimento donde habían sido ejecutados sucesivos recapeos asfálticos sin el retiro previo del revestimiento anterior con la cota del borde de la pista de rodaje cerca de 30 cm más alta que el bordillo.

Figura 57. **Fotografía de sobreposición de revestimientos asfálticos**



Fuente: BONFIM, Valmir. *Fresado de pavimentos asfálticos*. p. 84.

4.2. Mantenimiento de la regularidad de las juntas

Anteriormente el apareamiento de los equipos de fresado en situaciones de recapeo sólo de carriles exclusivos o de pequeñas áreas, era usual la colocación de una nueva capa asfáltica sobre la existente, lo que ocasionaba un desnivel a causa del difícil y a veces, imposible ajuste en las juntas.

A pesar de ser trabajada con la fracción más fina del material asfáltico, el desnivel es inherente al procedimiento, además en algunos puntos, el material se disgrega fácilmente con la liberación del tráfico.

Este desnivel causa una incomodidad a los usuarios y provoca posibles deformaciones y deslizamiento del material, pues no hay un anclaje adecuado para la nueva capa de revestimiento. La figura 58 presenta una ilustración de lo expuesto, donde se puede observar la junta mal hecha, con desnivel y cierta disgregación.

Para este tipo de irregularidad se puede utilizar la técnica de fresado con maquinaria de pequeño porte, porque el daño existe solo en la junta longitudinal del pavimento antiguo con el nuevo.

Figura 58. **Fotografía de remiendo de asfalto sobrepuesto**



Fuente: BONFIM, Valmir. *Fresado de pavimentos asfálticos*. p. 85.

4.3. **Corrección de deformaciones plásticas**

Las deformaciones del revestimiento causan cierta incomodidad al rodaje, dependiendo del grado de severidad, pueden causar situaciones de riesgo a los usuarios y sobre todo a los motoristas.

Figura 59. **Fotografía de deformación plástica del revestimiento**



Fuente: Anillo Periférico Sur, zona11, Guatemala.

En estos lugares, particularmente en los carriles exclusivos de autobús y curvas de pequeño radio, en rotondas y esquinas, el fresado puede permitir la corrección de las deformaciones plásticas existentes en el revestimiento, promoviendo la regularización de la pista. Es una solución viable desde el punto de vista de restauración como del de mantenimiento y conservación de los pavimentos.

4.4. Mantenimiento de nivel en juntas de construcciones de obra gris

En las vías urbanas existen variedad de interferencias derivados de instalaciones de las diversas empresas de servicios públicos que causan discontinuidad en la superficie de los pavimentos.

Estas construcciones se sitúan justamente sobre las diversas obras de arte usadas para las redes de agua, energía, telefonía, etc., dejando expuestos sobre el revestimiento las tapaderas ya sean de hierro o de concreto hidráulico.

El trabajo de recapeo de la vía sin el fresado del pavimento causa el desnivel entre el nuevo revestimiento y estas singularidades, obligando necesariamente a nivelarlo posteriormente.

Sin embargo, es común encontrar en los pavimentos la situación de desnivel proveniente de uno o más recapeos, causando incomodidad e inseguridad al rodaje, provocando en muchos casos, accidentes graves o dañando el patrimonio del usuario.

En la figura 60 se muestra un ejemplo de lo que sucede cuando solo se realiza recapeo sin cortarle alrededor de un obstáculo para tallarlo y dejarlo al mismo nivel.

Figura 60. **Fotografía de desnivel entre la pista y una tapadera de hierro**



Fuente: BONFIM, Valmir. *Fresado de pavimentos asfálticos*. p. 86.

Otra ventaja de utilizar esta técnica sería la reutilización del material producto del fresado en mezcla asfáltica. Debe ser transportado en camiones de volteo debidamente cubierto con lona y depositado en el lugar determinado para su reciclado.

Existen diversas maneras de ejecutar el reciclado, inclusive juntando alternativas de rehabilitación y la constante evolución de los equipos y de las plantas que producen la mezcla asfáltica.

Uno de los principales problemas encontrados en los proyectos de rehabilitación contemplando el reciclaje se refiere a la granulometría resultante del fresado, sobre todo con respecto a los procesos realizados sin el precalentamiento del revestimiento a causa de la aparición de grumos. Ver figura 61.

Cuando el reciclado se hace “in situ” esto ya pasa a ser una rehabilitación de la estructura del pavimento existente donde se mezclan el asfalto y parte de la base, el espesor se determina previos estudios realizados al pavimento.

Los grumos resultantes de este tipo de rehabilitación se van sacando del área de trabajo cuando no cumplen con las especificaciones de los pavimentos.

Cuando se produce en planta en la aparición de los grumos son más controlados porque se pueden tamizar y evitar que llegue la mezcla con estos al proyecto donde pueden ocasionar problemas en la colocación y el acabado final del revestimiento. La granulometría del material resultante del fresado depende del tipo de maquinaria fresadora utilizada para fresar y la velocidad con la que esta corte.

En planta laboratorio debe hacerle ensayos al material fresado y sacar curvas granulométricas para evaluar cómo se puede reutilizar, incluso se le puede hacer pasar por una trituradora para mejorar el tamaño del agregado.

Figura 61. **Fotografía de grumos de asfalto**



Fuente: calzada La Paz, zona 5, Guatemala.

5. PROBLEMAS QUE PUEDEN OCURRIR POR LA UTILIZACIÓN DEL FRESADO

La utilización de la técnica de fresado puede causar algunos problemas en el pavimento, en algunos casos, dadas sus proporciones, ocasionar hasta la paralización de los servicios o del tráfico por determinado período de tiempo.

Algunos problemas son inherentes al proceso, como la grada en la pista, otros, sin embargo, pueden aparecer con el fresado a causa del tipo de intervención y actuales condiciones del revestimiento.

El proyecto realizado por un ingeniero experto, con perfecto conocimiento de las condiciones estructurales y funcionales de los pavimentos existentes, puede minimizar, a niveles satisfactorios, algunos problemas que resulten en el proceso.

Soluciones adoptadas en un proyecto con bases inconsistentes, pueden causar imprevistos que generalmente, acarrear aumento de los costos de las obras, en otros casos, el fracaso de la solución adoptada.

5.1. Gradadas en la pista

La grada en la pista puede ser considerada como el más grave de los problemas causados por el fresado, si se libera la pista al tráfico antes de la colocación de la carpeta asfáltica y dependiendo de la profundidad de corte, es necesario el aislamiento total del área para que no circule el tráfico.

Existen dos tipos de gradas: longitudinal y transversal. Ambas pueden ser reducidas con la adopción de algunos procedimientos en lugares en los que la pista necesariamente debe ser liberada al tráfico antes del recapeo.

En el caso de la grada transversal, la solución es realizar el fresado en rampa al inicio y al final del corte, realizando el remate durante el recapeo, generalmente utilizando fresadora de pequeño porte, sierra de disco o martillo automático.

En el caso de la grada longitudinal, inherente al proceso de fresado de carriles exclusivos de rodaje, para espesores finos, dependiendo del tipo de vía, se puede permitir la liberación al tráfico desde que la pista esté debidamente señalizada, de manera que oriente a los usuarios.

Sin embargo, en el fresado de grandes profundidades, necesariamente el tramo debe permanecer cerrado al tráfico.

Algunas supervisoras no permiten la liberación de la pista a los usuarios antes de la ejecución del recapeo y siendo así, el recapeo asfáltico es hecho después del fresado. La figura 62 muestra un ejemplo de lo escrito anteriormente, después de fresado se le coloca la capa asfáltica para evitar problemas a los usuarios.

Figura 62. **Fotografía de grada longitudinal**



Fuente: Anillo Periférico Norte, zona 2, Guatemala.

5.2. Aparecimiento de agujeros o baches

El fresado puede ocasionar el aparecimiento de agujeros o baches en la pista, en virtud de la desestructuración del pavimento remanente en algunos puntos donde el espesor de corte alcanza las capas inferiores o cuando el espesor del revestimiento, en algunos lugares es inferior a la de fresado.

Es común que aparezca este tipo de problema también en algunos puntos donde el pavimento se encuentra muy agrietado.

En estos lugares de disgregación, antes de que se libere al tráfico, se debe realizar la corrección con material asfáltico, tapándose los agujeros. Este procedimiento impide su propagación, además de que no permite la aceleración del proceso destructivo causado por la filtración de aguas en las capas inferiores del pavimento. Ver figura 63.

Figura 63. **Fotografía de agujeros donde se freso**



Fuente: BONFIM, Valmir. *Fresado de pavimentos asfálticos*. p. 89.

Es importante que después del fresado, sea ejecutado el recapeo a la brevedad posible, disminuyendo, así, los trastornos a los usuarios y evitando problemas derivados de la exposición de la superficie fresada a lluvias y tráfico.

5.3. Desprendimiento de capas de asfalto

Es común que ocurran desprendimientos de capas en lugares fresados, sobre todo cuando es liberada la pista al tráfico, en los casos en que el fresado alcanza casi la totalidad del espesor de la capa del revestimiento existente.

Este problema puede aparecer debido al fresado, por la acción de los raspadores situados en la parte inferior de la tapa del scraper y continuar con la acción del tráfico, pudiendo con eso ocasionar accidentes.

Antes de la colocación de la nueva capa de revestimiento, se debe proceder al retiro de todo el material suelto de la pista y dependiendo de la cantidad, realizar un nuevo fresado más profundo.

Para evitar este problema, se debe conocer la estructura del pavimento y definir en el proyecto de restauración, el espesor de fresado, evitando dejar en la pista un espesor muy delgado de revestimiento, inferior a 20 mm, que con seguridad provocará el problema.

Cuando ocurra tal problema, es decir, no sea posible mantener este espesor mínimo del revestimiento, se recomienda siempre la ejecución de la nueva capa inmediatamente después del fresado, de manera que conserve toda la estructura remanente.

Figura 64. **Fotografía de desprendimiento de capas de asfalto**



Fuente: BONFIM, Valmir. *Fresado de pavimentos asfálticos*. p. 90.

La figura 64 presenta un ejemplo claro del desprendimiento de las capas de asfalto inferiores en donde se fresó y posteriormente se liberó el tráfico.

En algunas ocasiones el utilizar la técnica de fresado ya no es factible o aconsejable, esto se debe a que la estructura del pavimento ya está demasiado fatigada o no es suficiente para soportar el incremento vehicular para la cual fue diseñada. En el país el incremento vehicular crece demasiado rápido y la mayoría de las carreteras están llegando a su vida útil por lo que es necesario realizar otro tipo de rehabilitación.

La figura 65, muestra un pavimento muy fatigado, en el ya no es aconsejable utilizar el fresado.

Figura 65. Fotografía de asfalto fatigado



Fuente: calzada La Paz, zona 5, Guatemala.

6. EJECUCIÓN DE PROYECTOS RELEVANTES

A continuación se presentan algunos proyectos donde se utilizó la técnica de fresado para diferentes tipos de daños en la estructura del pavimento.

6.1. Aeropuerto Internacional La Aurora

Parte del mantenimiento de la pista principal es mantener la carpeta de rodadura en óptimas condiciones para obtener seguridad, confort a los aviones que aterrizan y levantan vuelo, pero principalmente cumplir con las normas internacionales de la FAA siglas en inglés (Administración Federal de Aviación), y mantener la categoría tipo “A” del aeropuerto.

Debido a que el aeropuerto no cuenta más que con una sola pista para hacer estas maniobras, no se puede cerrar por completo y por mucho tiempo para realizar el mantenimiento al pavimento existente. Es por eso que se requiere de utilizar la técnica de fresado para poder sustituir el pavimento dañado el mismo día.

Este mantenimiento se hizo a toda la pista incluyendo sus cabeceras y las intersecciones por donde taxean las aeronaves.

Los daños que puede sufrir la carpeta asfáltica cuando se deja pasar varios años sin darle el mantenimiento adecuado pueden ser ocasionados por el intemperismo que hace que sufra un proceso de oxidación y aparición de grietas en ambos sentidos de la pista como las vistas en capítulo 1 o bien por la fatiga y por el mismo caucho que se acumula con el constante uso.

El tipo de mantenimiento que se realizó en este caso a la pista, fue fresar 5 cm de espesor con dos máquinas para fresar de porte grande debido a que el tiempo para la ejecución del proyecto era muy limitado.

En este tipo de mantenimiento es imposible dejar gradas porque puede ser causa de accidentes después de hacer todo el proceso que conlleva el trabajo de mantenimiento como lo son marcar el área de trabajo, fresar, limpiar, emulsionar y proceder a colocarle la nueva capa de revestimiento para luego compactarse y hacer una revisión exhaustiva en toda la pista de que no haya quedado FOD (Foreign Object Damage), daños por objetos extraños y evitar accidentes fatales o daños a las turbinas de los aviones.

En el proceso del mantenimiento de la carpeta asfáltica se encuentran láminas que resultan del fresado, esto se debe a que la capa que se está retirando no es constante con su espesor, para quitar estas láminas fue necesario utilizar equipo de fresado pequeño porte para agilizar el trabajo. Ver figura 68.

También se encontraron grietas que provienen de las capas inferiores las cuales también fueron tratadas con diferentes métodos para retardar su aparición.

A continuación se presentan algunas fotografías de los procesos que se utilizaron para el mantenimiento de la pista.

Figura 66. **Fotografía de la marcación del área de trabajo**



Fuente: Aeropuerto Internacional La Aurora, Guatemala.

Antes de iniciar el fresado se debe de limitar el área de trabajo y a la vez sirve de guía para las máquinas. Como se muestra en la Figura 66.

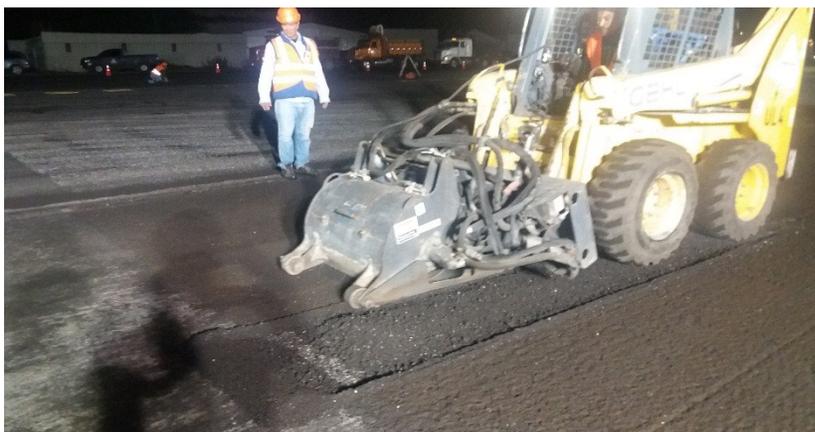
Figura 67. **Fotografía de fresado de la pista**



Fuente: Aeropuerto Internacional La Aurora, Guatemala.

Como se puede apreciar en la figura 67, para este tipo de mantenimiento fue necesario contar con dos fresadoras de gran porte para lograr cumplir la meta en el tiempo establecido por la supervisora de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC). No importa que las fresadoras sean de diferente marca lo que interesa es que los cilindros sean lo más parecidos posibles para que la rugosidad resultante no afecte en la colocación de la carpeta asfáltica y se pueda evitar grada entre los traslapes.

Figura 68. **Fotografía de fresado de láminas**



Fuente: Aeropuerto Internacional La Aurora, Guatemala.

Para ayudar en la limpieza se utilizó una escoba mecánica y un compresor de aire para dejar sin residuos de polvo o gravilla resultante del fresado. Ver figura 69.

Figura 69. **Fotografía de limpieza de la pista**



Fuente: Aeropuerto Internacional La Aurora, Guatemala.

Para este caso en especial fue necesario utilizar ambos equipos, pero se puede utilizar solamente la escoba mecánica para realizar el trabajo de limpieza. Otros equipos adicionales utilizados como apoyo para realizar este trabajo fueron torres de iluminación para alumbrar las áreas donde se trabajó, y conos para delimitar el recorrido de los camiones de volteo que transportan el material fresado.

En las figuras anteriores se presentó todo el proceso necesario para realizar el trabajo de fresado.

6.2. Las Charcas, zona 11

En este trabajo se utilizó la técnica de fresado en algunas áreas para mantener las cotas originales debido a que existe pavimento rígido a un costado de la pista, previo a la rehabilitación del pavimento existente. También se hizo fresado sobre pavimento rígido de 5 cm de espesor.

El trabajo se realizó sobre la 10^a. avenida entre 29 y 35 calles de la zona 11, Las Charcas.

Las especificaciones técnicas del proyecto mencionan que el espesor de fresado es de 10 cm en una sola pasada de la máquina fresadora antes de realizar el trabajo de reciclado de la pista con el objetivo de no incrementar el nivel de la rasante y luego se le aplico dos capas de asfalto de 5 cm cada una quedando la rasante al mismo nivel. Se utilizó una máquina de gran porte para realizar este trabajo.

También se apoyó con una maquina pequeña para fresar en lugares donde la maquina grande no puede acceder y para cortar los empalmes de la capa de asfalto colocada de un día para otro.

Figura 70. **Fotografía de fresado en junta longitudinal**



Fuente: 10^a avenida entre 30 y 32 calles, zona 11, Las Charcas, Guatemala.

Como se puede apreciar en la figura 70 a la par del pavimento asfáltico donde se fresó existe pavimento rígido.

Para poder dejar habilitado el tramo y no dejar la grada se realizó una rampa a todo lo largo del tramo fresado y así evitar accidentes. El tráfico estuvo circulando paralelo al área de trabajo.

Se utilizó maquinaria pequeña con aditamento de fresado para cortar las juntas. Como se puede apreciar en la figura 71.

Figura 71. **Fotografía de corte en junta**



Fuente: 10ª avenida y 34 calle, zona 11, Las Charcas, Guatemala.

6.3. Pista de aterrizaje de los paracaidistas, Puerto de San José

El trabajo de mantenimiento realizado en la pista fue el fresado de grietas tanto transversales como longitudinales con el fin de desaparecerlas y evitar que aparezcan en la capa nueva de rodadura. También se reparó áreas grandes donde el daño de la capa asfáltica existente es severo como cuero de lagarto y desvestimiento del agregado.

Las grietas que se fresaron son el resultado de diferentes fallas como las vistas en el Capítulo 1. Se puede decir que el aparecimiento de las grietas en el pavimento existente no es por tráfico porque casi no aterrizan aeronaves sino por causas mencionadas con anterioridad. También parte del daño del pavimento se le atribuye a la oxidación de los agregados debido al intemperismo.

Para realizar este trabajo fue necesario utilizar una máquina pequeña con aditamento de fresadora.

El tráfico aéreo es poco y las aeronaves son pequeñas, se cerró la mitad de la pista para trabajar y la otra mitad se dejó activa.

Se hace la observación que al utilizar este tipo de maquinaria se logró el avance de los trabajos de mantenimiento al mejorar los rendimientos diarios de corte del fresado de las grietas y la colocación inmediata de la nueva carpeta asfáltica.

Figura 72. **Fotografía de fresado de grietas**



Fuente: pista de los paracaidistas, Puerto de San José.

En la figura 72 se muestra el fresado de grietas en ambos sentidos y la cantidad de áreas fresadas debido a la utilización de este tipo de maquinaria.

A continuación se muestra que la máquina para fresar sirvió no solo para cortar el daño del pavimento producido por las grietas, sino que también para cortes más grandes donde el daño es severo.

Figura 73. **Fotografía de fresado de áreas grandes**



Fuente: pista de los paracaidistas, Puerto de San José.

6.4. Anillo Periférico Norte, zona 2

Otro tipo de daño en donde se utilizó la técnica de fresado es el cuero de lagarto. Este tipo de daño al pavimento asfáltico fue expuesto también con anterioridad en el capítulo 1.

Para la realización del mantenimiento de este tramo fue necesario utilizar una maquina fresadora de porte grande, esto porque el área es extensa y es más efectivo el trabajo de fresado.

Este trabajo se realizó la mayor parte en horario nocturno, como en el área trabajada no se pudo desviar el tráfico se trabajó la mitad de la sección conificando a todo lo largo del área que se trabajaba diariamente para delimitar el paso de los vehículos.

Por ser área urbana y ruta principal fue necesario contar con la ayuda de la Policía Municipal de Tránsito (PMT), para dirigir el tráfico y evitar accidentes.

Figura 74. **Fotografía de cuero de lagarto**



Fuente: Anillo Periférico Norte, zona 2, Guatemala.

La figura 74 muestra el daño en el pavimento existente denominado, cuero de lagarto.

Figura 75. **Fotografía de fresado con tráfico**



Fuente: Anillo Periférico Norte, zona 2, Guatemala.

Como se muestra en la figura 75 el tráfico circuló paralelo al área donde se trabajó. Se trabajó primero la mitad de la sección de la pista y posteriormente en la misma noche se completó el resto del fresado para dejar terminado el ancho completo de la pista y evitar la grada longitudinal.

Como se pudo apreciar en los ejemplos anteriores, en diferentes proyectos se aplicó la técnica de fresado para reparar las diferentes fallas existentes en el pavimento asfáltico producidas por diversas causas incluyendo la cantidad vehicular y la oxidación del agregado por el intemperismo.

7. COSTOS

Para los procedimientos de contratación de obras públicas, privadas y servicios relacionados con las mismas, se desarrollan con base en licitaciones fundamentalmente, siendo estas a base de precios unitarios la modalidad más común hoy en día para cualquier contratación formal.

A continuación se detallan los lineamientos para la integración de precios unitarios:

7.1. Definición de precio unitario

Es el importe de la remuneración o pago total que debe cubrirse al contratista por unidad de concepto terminado y ejecutado conforme al proyecto, especificaciones de construcción y normas de calidad. La integración de este requiere del conocimiento técnico de la obra y del marco normativo vigente por parte del analista.

El precio unitario se integra con los costos directos correspondientes al concepto de trabajo en este caso al fresado de pavimentos flexibles aplicados a la República de Guatemala, los costos indirectos, el costo por financiamiento, el cargo por la utilidad del contratista y los cargos adicionales. La enumeración de los costos y cargos mencionados para el análisis, cálculo e integración de estos, tiene por objeto cubrir en una forma sencilla los recursos necesarios para realizar cada concepto de trabajo.

En general, el análisis, cálculo e integración de los precios unitarios para un trabajo determinado deberá guardar congruencia con los procedimientos constructivos o la metodología de ejecución de los trabajos, con el programa de ejecución convenido, y los programas de utilización de personal, de maquinaria y equipo de construcción, debiendo tomar en cuenta los costos vigentes de los materiales, recursos humanos y demás insumos necesarios en el momento y en la zona donde se llevarán a cabo los trabajos, sin considerar el Impuesto al Valor Agregado (IVA).

Lo expuesto anteriormente, de conformidad con las especificaciones generales y particulares de construcción y normas de calidad que determine la dependencia o entidad.

Los precios unitarios de los conceptos de trabajo deberán expresarse por regla general en moneda nacional, salvo aquéllos que necesariamente requieran recursos de procedencia extranjera. Las dependencias y entidades, previa justificación, podrán cotizar y contratar en moneda extranjera.

Las unidades de medida de los conceptos de trabajo corresponderán al Sistema General de Unidades de Medida. En atención a las características de los trabajos y a juicio de la dependencia o entidad, se podrán utilizar unidades técnicas de uso internacional.

A continuación se presentan los cargos que integran un precio unitario, de acuerdo a la normatividad vigente en materia de obras públicas y servicios relacionados con las mismas, posteriormente se explica cada concepto:

Tabla II. **Esquema precios unitarios**

Precio Unitario	Costos directos	<ul style="list-style-type: none"> • Mano de obra • Materiales • Maquinaria o equipo de construcción
	Costos indirectos	<ul style="list-style-type: none"> • Administración de oficinas centrales • Administración de oficinas de campo • Costos por financiamiento • Utilidad
	Cargos adicionales	<ul style="list-style-type: none"> • Impuestos locales • Gastos de inspección y supervisión

Fuente: elaboración propia.

7.1.1. Costos directos

Los costos son todos aquellos gastos en los que incurre una empresa para realizar una tarea, un trabajo o un proyecto determinado. Los costos directos son los que guardan una relación estrecha con el producto o servicio. En este caso son los constituidos por la mano de obra, los materiales y la maquinaria o equipo de construcción.

7.1.1.1. Costos directos por mano de obra

Es el que se deriva de las erogaciones que hace el contratista por el pago de salarios reales al personal que interviene en la ejecución del concepto de trabajo de que se trate, incluyendo al primer mando, entendiéndose como tal hasta la categoría de jefe de una cuadrilla de trabajadores.

No se considerarán dentro de este costo las percepciones del personal técnico, administrativo, de control, supervisión y vigilancia que corresponden a los costos indirectos.

El salario real deberá cumplir con las prestaciones reguladas por el Reglamento General del trabajo, del Seguro Social (IGSS), o de los contratos colectivos de trabajo vigentes.

7.1.1.2. Costos directos por materiales

Es el correspondiente a las erogaciones que hace el contratista para adquirir o producir todos los materiales necesarios para la correcta ejecución del concepto del trabajo, que cumpla con las normas de calidad y las especificaciones generales y particulares de construcción requeridas por la dependencia o entidad a cargo.

El costo básico unitario del material se integrará con su precio de adquisición en el mercado o costo de producción en el sitio de los trabajos sumando, en su caso, el costo de los acarreos, maniobras, almacenajes y pérdidas aceptables durante su manejo.

Cuando se trate de materiales permanentes, se determinará de acuerdo con las cantidades que deben utilizarse según el proyecto, las normas de calidad y las especificaciones generales y particulares de construcción que determine la dependencia o entidad a cargo, considerando adicionalmente los desperdicios que la experiencia en la industria de la construcción determine como mínimos.

Cuando se trate de materiales auxiliares, se determinará de acuerdo con las cantidades que deban utilizarse según el proceso de construcción y el tipo de trabajos a realizar, considerando los desperdicios y el número de usos con base en el programa de ejecución, en la vida útil del material de que se trate y en la experiencia que se tenga en la industria de la construcción.

7.1.1.3. Costo directo por maquinaria o equipo de construcción

El costo horario directo por maquinaria o equipo de construcción es el que se deriva del uso correcto de las máquinas o equipos adecuados y necesarios para la ejecución del concepto de trabajo, de acuerdo con lo estipulado en las normas de calidad y especificaciones generales y particulares que determine la dependencia o entidad a cargo y conforme al programa de ejecución convenido.

El costo horario directo por maquinaria o equipo de construcción es el que resulta de dividir el importe del costo horario de la hora efectiva de trabajo entre el rendimiento de dicha maquinaria o equipo en la misma unidad de tiempo.

El costo horario directo por hora efectiva de trabajo de la maquinaria o equipo de construcción se considera como nuevos, para su determinación será necesario tomar en cuenta la operación y uso adecuado de la máquina o equipo seleccionado, de acuerdo con sus características de capacidad y especialidad para desarrollar el concepto de trabajo que se trate. Este costo se integra con los costos fijos, consumos y salarios de operación, calculados por hora efectiva de trabajo.

El rendimiento horario de la máquina o equipo considerados como nuevos dentro de su vida económica, en las condiciones específicas del trabajo a ejecutar y en las correspondientes unidades de medida, que debe corresponder a la cantidad de unidades de trabajo que la máquina o equipo ejecuta por hora efectiva de operación, de acuerdo con los rendimientos que determinen, en su caso, los manuales de los fabricantes respectivos, la experiencia del contratista, y las características ambientales de la zona donde se realizan los trabajos.

Los costos fijos son los correspondientes a depreciación, inversión, seguros y mantenimiento.

7.1.1.3.1. Costo por depreciación

El costo horario por depreciación es el que resulta por la disminución del valor original de la maquinaria o equipo de construcción, como consecuencia de su uso, durante el tiempo de su vida económica.

Se considerará que la depreciación es lineal, es decir, que la máquina o equipo de construcción se deprecia en una misma cantidad por unidad de tiempo.

Cuando se calcula la depreciación de la maquinaria o equipo de construcción se deben considerar como nuevas en la fecha de presentación y apertura de proposiciones.

El valor de rescate que el contratista considere recuperar por su venta al término de su vida económica, la vida económica estimada por el contratista y expresada en horas efectivas de trabajo, es decir, el tiempo que puede mantenerse en condiciones de operar y producir trabajo en forma eficiente, siempre y cuando se le proporcione el mantenimiento adecuado.

Cuando proceda calcular la depreciación de la maquinaria o equipo de construcción deberá deducirse del valor de los mismos, el costo de las llantas y el costo de las piezas especiales o accesorios.

7.1.1.3.2. Costo por inversión

El costo horario por la inversión es el costo equivalente a los intereses del capital invertido en la maquinaria o equipo de construcción, como consecuencia de su uso, durante el tiempo de su vida económica.

Para el análisis del costo horario por inversión, el contratista considerará a su juicio las tasas de interés “i”, debiendo proponer la tasa de interés que más convenga, la que deberá estar referida a un indicador económico específico y estará sujeta a las variaciones de dicho indicador, considerando en su caso los puntos que requiera una institución crediticia como sobre costo por el crédito.

Su actualización se hará como parte de los ajustes de los costos, sustituyendo la nueva tasa de interés en las matrices de cálculo del costo horario.

7.1.1.3.3. Costo por seguros

El costo horario por seguros es el que cubre los riesgos a que está sujeta la maquinaria o equipo de construcción por los siniestros que sufra. Este costo forma parte del costo horario, ya sea que la maquinaria o equipo se asegure por una compañía aseguradora o que la empresa constructora decida hacer frente con sus propios recursos a los posibles riesgos como consecuencia de su uso.

7.1.1.3.4. Costo por mantenimiento

El costo horario por mantenimiento mayor o menor es el originado por todas las erogaciones necesarias para conservar la maquinaria o equipo de construcción en buenas condiciones durante toda su vida económica, entre estas están:

Los costos por consumos, son los que se derivan de las erogaciones que resulten por el uso de combustibles u otras fuentes de energía, en su caso, lubricantes y llantas.

- El costo horario por combustibles, es el derivado de todas las erogaciones originadas por los consumos de gasolina y diésel para el funcionamiento de los motores de combustión interna de la maquinaria o equipo de construcción.
- El costo por otras fuentes de energía, es el derivado por los consumos de energía eléctrica o de otros energéticos distintos. La determinación de este costo requerirá en cada caso de un estudio especial.
- El costo horario por lubricantes, es el derivado del consumo y de los cambios periódicos de aceites lubricantes de los motores.
- El costo horario por llantas, es el correspondiente al consumo por desgaste de las llantas durante la operación de la maquinaria o equipo de construcción.
- El costo horario de piezas especiales, es el correspondiente al consumo por desgaste de las piezas especiales durante la operación de la maquinaria o equipo de construcción.

- El costo horario por salarios de operación, es el que resulta por concepto de pago del o los salarios del personal encargado de la operación de la maquinaria o equipo de construcción por hora efectiva de trabajo.
- El costo por herramienta de mano, corresponde al consumo por desgaste de herramientas de mano utilizadas en la ejecución del concepto de trabajo.
- El costo directo por equipo de seguridad, corresponde al valor del equipo necesario para la protección personal del trabajador para ejecutar el concepto de trabajo.
- El costo de la maquinaria por hora que se considere pertinente, es el que se colocará como costo directo incluyendo todo lo descrito anteriormente.

7.1.2. Costos indirectos

El costo indirecto corresponde a los gastos generales necesarios para la ejecución de los trabajos no incluidos en los costos directos que realiza el contratista, tanto en sus oficinas centrales como en los lugares de los trabajos y comprende entre otros: los gastos de administración, organización, dirección técnica, vigilancia, supervisión, construcción de instalaciones generales necesarias para realizar conceptos de trabajo, el transporte de maquinaria o equipo de construcción, imprevistos, en su caso, prestaciones laborales y sociales correspondientes al personal directivo y administrativo.

Para la determinación del costo indirecto se deberá considerar que el costo correspondiente a las oficinas centrales del contratista comprenderá únicamente los gastos necesarios para dar apoyo técnico y administrativo a la superintendencia encargada directamente de los trabajos.

En el caso de los costos indirectos de oficinas de campo se deberán considerar todos los conceptos que de ello se deriven.

Los costos indirectos se expresarán como un porcentaje del costo directo de cada concepto de trabajo. Dicho porcentaje se calculará sumando los importes de los gastos generales que resulten aplicables y dividiendo esta suma entre el costo directo total de los trabajos de que se trate.

Los gastos generales (no limitativos), que podrán tomarse en consideración para integrar el costo indirecto y que pueden aplicarse indistintamente a la administración de oficina centrales, a la administración de oficinas de campo o a ambas, según el caso, son los siguientes:

7.1.2.1. Honorarios, sueldos y prestaciones de los siguientes conceptos

- Personal directivo
- Personal técnico
- Personal administrativo
- Cuota patronal del seguro social
- Prestaciones a que obliga el Código de Trabajo para el personal directivo, técnico y administrativo.
- Pasajes y viáticos del personal directivo, técnico y administrativo.

- Los que deriven de la suscripción de contratos de trabajo para el personal directivo, técnico y administrativo.

7.1.2.2. Depreciación, mantenimiento y rentas de los siguientes conceptos

- Edificios y locales
- Locales de mantenimiento y guarda
- Bodegas
- Instalaciones generales
- Equipos, muebles y enseres
- Depreciación o renta y operaciones de vehículos
- Campamentos

7.1.2.3. Servicios de los siguientes conceptos

- Consultores, asesores, servicios y laboratorios
- Estudios e investigaciones

7.1.2.4. Fletes y acarreos de los siguientes conceptos

- Campamentos
- Equipo de construcción
- Plantas y elementos para instalaciones
- Mobiliario

7.1.2.5. Gastos de oficina de los siguientes conceptos

- Papelería y útiles de escritorio
- Correo, fax, teléfonos, telégrafos, radio y otros gastos de comunicaciones.
- Equipo de computación.
- Situación de fondos.
- Copias y duplicados.
- Luz, gas y otros consumos.
- Gastos de la licitación pública.

7.1.2.6. Capacitación y adiestramiento

La capacitación y adiestramiento juegan un papel muy importante dentro de la organización pero no hay que confundirlos, son totalmente diferentes, la capacitación tiene un significado más amplio y va dirigido a directivos y ejecutivos mientras que el adiestramiento es más enfocado a operarios u obreros que hagan uso de maquinaria y equipo.

7.1.2.7. Seguridad e higiene

Se refiere a la aplicación de un conjunto de medidas sobre la seguridad y prevención de riesgos laborales para los trabajadores. El objetivo de ofrecer y mantener puestos de trabajo seguros y dignos para que las personas puedan desarrollar sus funciones sin deteriorar su salud y ni comprometer su seguridad personal.

7.1.2.8. Seguros y fianzas

La fianza, es un contrato tripartito, pues intervienen tres elementos personales, el fiador, el acreedor y la afianzadora. Por su parte el seguro es un contrato bipartito y cuenta sólo con dos elementos personales, la aseguradora y el asegurado.

7.1.2.9. Trabajos previos y auxiliares de los siguientes conceptos

- Construcción y conservación de caminos de acceso

- Montajes y desmontajes de equipo

- Construcción de las siguientes instalaciones generales:
 - Campamentos

 - Equipo de construcción

 - Plantas y elementos para instalaciones

7.1.3. Costo por financiamiento

El costo por financiamiento deberá estar representado por un porcentaje de la suma de los costos directos e indirectos y corresponderá a los gastos derivados por la inversión de recursos propios o contratados que realice el contratista para dar cumplimiento al programa de ejecución de los trabajos calendarizados y valorizados por períodos.

El procedimiento para el análisis, cálculo e integración del costo por financiamiento deberá ser fijado por cada dependencia o entidad.

Para el análisis, cálculo e integración del porcentaje del costo por financiamiento se deberá considerar lo siguiente:

- Que la calendarización de egresos esté acorde con el programa de ejecución de los trabajos y el plazo indicado en la proposición del contratista.

- Que el porcentaje del costo por financiamiento se obtenga de la diferencia que resulte entre los ingresos y egresos, afectado por la tasa de interés propuesta por el contratista y dividida entre el costo directo más los costos indirectos.
- Que se integre por los siguientes ingresos:
 - Los anticipos que se otorgarán al contratista durante el ejercicio del contrato.
 - El importe de las estimaciones a presentar, considerando los plazos de formulación, aprobación, trámite y pago, deduciendo la amortización de los anticipos concedidos.
- Que se integre por los siguientes egresos:
 - Los gastos que impliquen los costos directos e indirectos.
 - Los anticipos para compra de maquinaria o equipo e instrumentos de instalación permanente que en su caso se requieran.
 - En general, cualquier otro gasto requerido según el programa de ejecución.

7.1.4. Utilidad

El cargo por utilidad es la ganancia que recibe el contratista por la ejecución del concepto de trabajo, será fijado por el propio contratista y estará representado por un porcentaje sobre la suma de los costos directos, indirectos y de financiamiento.

Para el cálculo del cargo por utilidad se considerará el impuesto sobre la renta y la participación de los trabajos en las utilidades de las empresas a cargo del contratista.

7.1.5. Cargos adicionales

Los cargos adicionales son las erogaciones que debe realizar el contratista por estar convenidas como obligaciones adicionales que se aplican después de la utilidad del precio unitario porque derivan de un impuesto o derecho que se cause con motivo de la ejecución de los trabajos y que no forman parte de los costos directos, indirectos y por financiamiento, ni del cargo por utilidad.

Únicamente quedarán incluidos en los cargos adicionales aquellos que deriven de ordenamientos legales aplicables o de disposiciones administrativas que emitan autoridades competentes en la materia, como derechos e impuestos locales, gastos de inspección y supervisión.

Para la integración de precios unitarios de cada uno de los conceptos, hay que apegarse a los lineamientos establecidos en el presente capítulo, sin embargo, es necesario considerar las bases del concurso de las diferentes dependencias y entidades, porque estas determinan los lineamientos de integración de los mismos, desde luego que dichas bases se deberán apegar a las disposiciones de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas, y a su Reglamento.

7.2. Formato para el análisis de precios unitarios

El cálculo de cada uno de los cargos que integran un precio unitario, se deberán analizar por separado para que finalmente se integren cada uno de estos en un formato para el análisis de precios unitarios.

Conviene también el manejo de formatos preestablecidos para el caso de análisis de costos horarios y el análisis de indirectos, porque en estos se manejan una serie de conceptos que bien vale la pena ordenarlos a través de tablas, ver siguiente ejemplo.

Total: diez días de trabajo.

Tabla III. Integración de costos indirectos de operación

PERSONAL					
Cantidad	Puesto	Salario	Viáticos	Prestaciones	Total
1,00	Superintendente	25 000,00	2 350,00	125 000,00	377 350,00
3,00	Ing. de proyecto	18 000,00	7 050,00	270 000,00	457 050,00
5,00	Encargados	9 000,00	11 750,00	225 000,00	326 750,00
2,00	Topógrafo	6 500,00	4 700,00	65 000,00	134 700,00
6,00	Cadeneros	4 000,00	14 100,00	120 000,00	174 100,00
3,00	Laboratoristas	6 500,00	7 050,00	97 500,00	169 550,00
4,00	Ayudantes	2 850,00	9 400,00	57 000,00	94 900,00
1,00	Secretaria	3 500,00	0,00	17 500,00	52 500,00
1,00	Contador	5 000,00	0,00	25 000,00	75 000,00
TOTAL PERSONAL					1 861 900,00

Continuación tabla III

MAQUINARIA Y EQUIPO				
Cantidad	Maquina	Unidad	Costo	Total
2,00	Camiones p/ personal	Mes	12 000,00	240 000,00
6,00	Pick ups	Mes	5 000,00	300 000,00
30,00	Traslados de maquinaria	Viaje	4 800,00	144 000,00
1,00	Movilización planta asfalto	Global	450 000,00	450 000,00
0,00	Arrendamiento planta de asfalto	Toneladas	80,00	0,00
3,00	Equipo p/laboratorio	Mes	20 000,00	600 000,00
1,00	Herramientas	Mes	8 000,00	80 000,00
1,00	Conos, barriles, etc.	Mes	3 500,00	35 000,00
3,00	Equipo p/topografía	Mes	2 500,00	75 000,00
TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO				1 924 000,00

CAMPAMENTO				
Cantidad	Descripción	Unidad	Costo	Total
3,00	Arrendamiento terreno	Mes	20 000,00	200 000,00
3,00	Luz eléctrica	Mes	2 500,00	25 000,00
1,00	Agua	Mes	1 000,00	10 000,00
1,00	Teléfono	Mes	1 500,00	15 000,00
1,00	Radios	Global	1,00	150 000,00
1,00	Construcción campamento	Global	1,00	70 000,00
TOTAL CAMPAMENTO				470 000,00

MOBILIARIO Y EQUIPO				
Cantidad	Descripción	Unidad	Costo	Total
	Mobiliario para oficina	Global	1,00	20 000,00
6,00	Computadoras	Unidad	7 800,00	46 800,00
	Papelería	Mes	4 500,00	45 000,00
TOTAL MOBILIARIO Y EQUIPO				111 800,00

TOTAL	Q. 4 367 700,00
--------------	------------------------

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta en la siguiente tabla el resumen de la integración del precio unitario:

Tabla IV. Modelo de integración de precio unitario

MODELO DE INTEGRACIÓN DE PRECIO UNITARIO DEL RENGLÓN					
Constructora: XXXXXX					
Proyecto: XXXX			Fecha: XXXX		
Descripción del Renglón:		Fresado		Espesor en m	0,05
Cantidad Total a Ejecutar:		30 000,00		Unidad:	m ²
Rendimiento por día:		3 000,00	m ² /día	Días ocupados	10
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	SUB-TOTAL COSTO UNITARIO
1. MAQUINARIA Y EQUIPO (En Horas; Incluye Mantenimiento y Repuestos)					
1	Fresadora	60	Hrs	Q 1 500,00	Q 90 000,00
1	Retroexcavadora	80	Hrs	Q 260,00	Q 20 800,00
1	Escoba mecanica	40	Hrs	Q 180,00	Q 7 200,00
1	Pipa de agua	80	Hrs	Q 110,00	Q 8 800,00
COSTO TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO:					Q 126 800,00
2. COMBUSTIBLES (En galones)					
1	Fresadora	480	Gls	Q 25,00	Q 12 000,00
1	Retroexcavadora	160	Gls	Q 25,00	Q 4 000,00
1	Escoba mecanica	80	Gls	Q 25,00	Q 2 000,00
1	Pipa de agua	80	Gls	Q 25,00	Q 2 000,00
COSTO TOTAL COMBUSTIBLE:					Q 20 000,00
3. MANO DE OBRA : (En Horas; Indicar Cantidad de Personal)					
6	Ayudantes	10	Dia	Q 90,16	Q 5 409,60
2	Banderistas	10	Dia	Q 90,16	Q 1 803,20
1	Cheque	10	Dia	Q 105,00	Q 1 050,00
COSTO TOTAL MANO DE OBRA SIN PRESTACIONES:					Q 8 262,80
Porcentaje de Prestaciones 37.67%:					Q 3 112,60
TOTAL MANO DE OBRA CON PRESTACIONES:					Q 11 375,40

Continuación tabla IV

4. MATERIALES					
1	Acarreo material MAXIMO 10 Km	2 100,00	M ³	Q 65,00	Q 136 500,00
COSTO TOTAL MATERIALES:					Q 136 500,00
5. OTROS GASTOS Y SUBCONTRATOS					
1	Señalización y herramienta	1	Global	Q 5 200,00	Q 5 200,00
COSTO TOTAL OTROS GASTOS Y SUBCONTRATOS:					Q 5 200,00
TOTAL COSTO DIRECTO DEL RENGLÓN:					Q 299 875,40
COSTO DIRECTO UNITARIO:					Q 10,00
Para obtener el precio total del renglón se incrementa lo siguiente:					
		INDIRECTOS			
	Costos Indirectos de Operación	20%			Q 2,00
	Seguros y Fianzas	5%			Q 0,50
	Imprevistos	3%			Q 0,30
	Utilidad	20%			Q 2,00
COSTO TOTAL SIN IVA					Q 14,79
COSTO TOTAL CON IVA 12%					Q 16,57

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Es importante definir los diferentes tipos de fallas en la estructura del pavimento existente, para aplicar la técnica de fresado correcta en el proceso de mantenimiento.
2. Conocida la falla en la estructura del pavimento existente se puede aplicar la técnica correcta de fresado según el espesor de corte y la rugosidad resultante en el asfalto, para el mantenimiento respectivo.
3. Para la realización de un buen trabajo de mantenimiento utilizando la técnica de fresado y que sea eficiente, se debe contar con la maquinaria correcta para optimizar los recursos y minimizar el tiempo de ejecución, para esto existe maquinaria de pequeño, mediano y gran porte con cilindros fresadores que varían desde 35 a 250 cm, según sea la necesidad.
4. Cuando se opta por la técnica de fresado se obtienen ventajas en el mantenimiento del pavimento existente como lo son, un trabajo más rápido, limpio y de beneficio dando seguridad y confort al usuario.
5. En los trabajos de fresado los problemas que pueden presentarse son fáciles de corregir y en poco tiempo, para no parar la obra.
6. El costo del fresado para pavimentos flexibles por m² es de Q. 16.57.

RECOMENDACIONES

1. Informarse bien, sobre la metodología del uso de la técnica de fresado, dada la importancia que esta tiene en el mantenimiento de las carreteras, este documento es una buena guía para ello.
2. Utilizar la técnica de fresado para hacer reparaciones en las diferentes fallas existentes en el pavimento asfáltico, porque esta facilita y mejora el rendimiento de trabajo respetando las normas o especificaciones impuestas por las instituciones a cargo.
3. Utilizar máquinas fresadoras de diferentes medidas para hacer los cortes necesarios en la reparación de los diferentes daños existentes en el pavimento, brindando seguridad y confort a los usuarios, es necesario conocer las partes principales de estas máquinas para que se pueda realizar un buen trabajo y efectivo mantenimiento de la pista.
4. Al momento de realizar el mantenimiento vial ya se deben conocer los problemas y ventajas que conlleva utilizar la técnica de fresado, para poder realizar un buen trabajo y dejar accesible la carretera evitando accidentes y sobrecostos.
5. Analizar bien la forma de hacer el trabajo en el área a la que se le va dar mantenimiento, para que el costo sea el correcto.
6. Agregar una buena señalización en el área de trabajo para evitar accidentes o congestión vehicular.

7. Una de las partes más importantes en la economía del país son sus vías de acceso, porque en ellas se trasladan la población, sus productos y se realizan intercambios comerciales, por eso es importante preservarlas en buenas condiciones porque representan un enorme beneficio económico-social.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALDANA SALGUERO, Josué Roberto. *Mantenimiento de carreteras con concreto asfáltico en caliente*. Tesis Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 94 p.
2. BONFIM, Valmir. *Fresado de pavimentos asfálticos*. 1ª ed. Brasil: Excesao, 2008. 127 p.
3. Wirtgen. *El Mundo de las fresadoras en frío de Wirtgen No. 2520585*. Alemania: Wirtgen GmbH, 2016. 32 p.
4. Wirtgen. *Fresadora en frío W 2000 Wirtgen*. Alemania: Wirtgen GmbH, 2008. 28 p.
5. Caterpillar. *Manual de uso y mantenimiento. Escarificadora en frío PM-200 Caterpillar*. Italia: Caterpillar, 2008. 184 p.
6. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. Unidad Ejecutora de Conservación Vial. *Especificaciones técnicas*. Guatemala: COVIAL, 2018. 244 p.
7. UNAM. Precio unitario. [en línea]. <<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/478/8/A8.pdf>>. [Consulta: 17 de septiembre de 2018].

8. Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA). Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras, Tomo III: *Normas y procedimientos de ejecución para mantenimiento vial*. Guatemala, 2000. 92 p.

9. WOOD, J. F. *Cold-asphalt recycling equipment*. U.S.A.: Transportation Research Record No. 780, 1980. 102 p.