

CA/AGA-GVSO No.03

CIRCULAR DE ASESORAMIENTO MEDICION DE FRICCIÓN Y MATENIMIENTO DE LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO EN SUPERFICIE DE PAVIMENTO EN AERÓDROMOS

Contenido

1.	PROPÓSITO DE ESTA CIRCULAR DE ASESORAMIENTO.	3
2.	APLICABILIDAD.	3
3.	QUE CANCELA ESTA CA.	3
4.	DONDE OBTENER COPIA DE ESTE DOCUMENTO.	3
5.	DEFINICIONES	3
6.	ACRONIMOS	4
7.	Evaluación de Pavimentos.	6
8.	PROGRAMACIÓN DE LA EVALUACION DE LOS PAVIMENTOS.	6
9.	FRECUENCIA MINIMA DE PRUEBAS DE FRICCIÓN	6
10.	INSPECCIÓN SIN EQUIPO DE MEDICIÓN DE FRICCIÓN	7
11.	DETERIORO DEL RANURADO	7
12.	MEDICIÓN DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO	7
13.	GENERALIDADES DEL EQUIPO DE MEDICIÓN CONTINUA DE FRICCIÓN	7
13.1.	Requerimiento general del equipo de medición continua de fricción CFME	7
13.2.	Entrenamiento del personal	7
13.3.	Calibración	7
14.	REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS DE FRICCIÓN	8
14.1.	Pasos preliminares	8
14.2.	Ubicación de las pruebas de fricción en la pista	8
14.3.	Velocidad del vehículo para efectuar las pruebas	8
14.4.	Uso de equipo CFME auto humectante	9
14.5.	Pruebas de fricción durante la lluvia	9
14.6.	Clasificación de los niveles de fricción	9
14.7.	Guía de evaluación y mantenimiento	11
14.8.	Pruebas recomendadas	11
14.9.	Profundidades de textura recomendadas	11

14.10.	Ubicación de las mediciones.....	12
14.11.	Métodos de prueba	12
14.12.	Cálculo	13
15.	MANTENIMIENTO DE LA ALTA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO.....	16
15.1.	Sección 1. Consideraciones de mantenimiento	16
15.1.1.	Necesidades de Mantenimiento.....	16
15.2.	Sección 2. Métodos para remover contaminantes	17
15.2.1.	Técnicas recomendadas para la remoción de contaminantes	17
16.	APÉNDICE 1. ESPECIFICACIÓN DE DESEMPEÑO DEL CFME.....	19
16.1.	Características del equipo de medición de fricción.	19
16.2.	Características del vehículo.....	20
16.3.	Estándar de Desempeño de las Ruedas.	20
17.	APÉNDICE 2. PROVEEDORES DE CFME APROBADOS	21
18.	APÉNDICE 3. GENERALIDADES DE ENTRENAMIENTO.....	22
18.1.	Generalidades del Entrenamiento Requerido.....	22
19.	AUTORIZADO.....	22

1. PROPÓSITO DE ESTA CIRCULAR DE ASESORAMIENTO.

- a) Esta circular de Asesoramiento (CA) contiene material de guía y procedimientos para la medición y el mantenimiento de las condiciones adecuadas de rozamiento en pavimentos de pista de aterrizaje.

2. APLICABILIDAD.

- a) Operadores de aeródromos de conformidad con la RAC 14 Volumen I Edición 4 y RAC 139 Edición 4.

3. QUE CANCELA ESTA CA.

- a) Por ser la primera versión de la metodología, esta circular no cancela ningún documento anterior.

4. DONDE OBTENER COPIA DE ESTE DOCUMENTO.

- a) Le puede brindar copia de este documento en la Biblioteca de la Dirección de Aeronáutica Civil de Guatemala.

5. DEFINICIONES

- a) **ATC:** Control de Tráfico Aéreo
- b) **CFME:** Equipo de Medición del coeficiente de Fricción
- c) **Coefficiente de Rozamiento:** La definición clásica de coeficiente de rozamiento es la relación entre la fuerza de rozamiento del neumático y la carga vertical.
- d) **Pavimento** (Estructura de Pavimento) combinación de Sub-base, Base y superficie de rodamiento, colocado sobre un terreno de fundación para soportar las cargas del tránsito y distribuirlas al terreno de fundación.
- e) **Pavimento Compuesto:** Pavimento que consta de capas de pavimento flexible (asfalto) y pavimento rígido (concreto), con o sin capas granulares de separación.
- f) **Pavimento Flexible:** Estructura de pavimento que mantiene íntimo contacto con el terreno de fundación y reparte las cargas, sobre el mismo y por lo que a estabilidad se refiere, depende de la trabazón o entrelazamiento de los áridos, rozamiento y cohesión de las partículas.
- g) **Pavimento Rígido:** Estructura de pavimento que distribuye las cargas al terreno de fundación y que tiene como superficie de rodamiento una losa rígida de hormigón de cemento portland de resistencia a la flexión repavimente elevada.
- h) **Superficie de Rodamiento:** La capa superior de una estructura de pavimento.
- i) **Pista Mojada:** La superficie está empapada sin agua estancada.
- j) **Agua Estancada:** Para fines de la performance de un avión más de 25 % del área de la superficie de la pista está cubierta con más de (3) tres milímetros de agua (En partes aisladas o continuas de la misma) Dentro de la longitud y anchura requerida en uso.

- k) **Franja de Pista:** Una superficie definida que comprende la pista y la zona de parada, si la hubiese, destinada a:
- I. Reducir el riesgo de daños a las aeronaves que se salga de la pista y
 - II. Proteger a las aeronaves que sobrevuelan la pista durante las operaciones de despegue o aterrizaje.
- l) **Margen** Banda de terreno que bordea un pavimento, tratada de forma que sirva de transición entre ese pavimento y el terreno adyacente.
- m) **Obstáculo:** Todo objeto fijo (ya sea temporal o permanente) o móvil, o parte del mismo, que:
- I. Este situado en un área destinada al movimiento de las aeronaves en la superficie; o
 - II. Sobresalga de una superficie definida destinada a proteger las aeronaves en vuelo
 - III. Este fuera de la superficie definida y sea considerado como un peligro para la navegación aérea.
- n) **Pista:** Área rectangular definida en un aeródromo terrestre preparada para el aterrizaje y el despegue de la aeronave.
- o) **Pista Principal:** Pista que se utiliza con preferencia a otras siempre que las condiciones lo permitan.
- p) **Umbral:** Inicio de la parte de pista utilizable para el aterrizaje.
- q) **Umbral Desplazado:** Umbral que no está situado en el extremo de pista.

6. ACRONIMOS

ACN	Número de clasificación de aeronaves (hasta el 27 de noviembre de 2024)	MN	Meganewton
ACR	Índice de Clasificación de aeronaves (partir del 28 de noviembre de 2024)	MPa	Megapascal
ADP	Licencia de conductor en la parte aeronáutica	NM	Milla marina
AIP	Publicación de información aeronáutica.	NU	No utilizable
ASDA	Distancia disponible de aceleración - parada	OCA/H	Altitud/altura de franqueamiento de obstáculo
ARIWS	Sistema autónomo de prevención de incursión de pista	OFZ	Zona de despejada de obstáculos
ATS	Servicio de tránsito aéreo	OPS	Superficie de protección de Obstáculo
°C	Grados Celsius	PNC	Número de clasificación de

			pavimentos. (Hasta el 27 de noviembre de 2024)
CBR	Índice de soporte de California	PCR	Índice de clasificación de pavimentos (A partir del 28 de noviembre de 2024)
cd	Candela	RCAM	Matriz de evaluación del estado de la pista
CIE	Comisión internacional de iluminación	RCR	Informe del estado de la pista
cm	Centímetro	RWYCC	Clave del estado de la pista
CRC	Mediante la verificación por redundancia cíclica	PANS	Procedimiento para los Servicios de Navegación Aérea
DME	Equipo radio telemétrico	RESA	Área de seguridad de extremo de pista
E	Módulo de elasticidad	RVR	Alcance visual en la pista
FOD	Objetos extraños	SMGCS	Sistema de guía y control del movimiento en la superficie
ILS	Sistema de aterrizaje por instrumento	SMS	Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional
IMC	Condiciones meteorológicas de vuelo por instrumentos	SOIR	Operaciones simultáneas en pistas de vuelo por instrumentos paralelas o casi paralelas Doc. 9643 de la OACI.
K	Grados Kelvin	TODA	Distancia de despegue disponible
Kg	Kilogramo	TORA	Recorrido de despegue disponible
Km	Kilometro	VCM	Condiciones meteorológicas de vuelo visual
K/h	Kilometro por hora	VOR	Radiofaro omnidireccional VH
Kt	Nudo	WHMP	Programa de gestión del peligro que representa la fauna silvestre
L	Litro	WIP	Obras en progreso
LDA	Distancia de aterrizaje disponible	WGS	Sistema Geodésico Mundial 1984
M	Metro	Máx.	Máximo
min	Mínimo	DGAC	Dirección General de Aeronáutica Civil.
Mm	Milímetro	MN	Meganewton

7. Evaluación de Pavimentos.

- a) La resistencia al deslizamiento de un pavimento de pista se deteriora a través del tiempo por una serie de factores. Los efectos mecánicos del rodaje y finado de las aeronaves producen pulimento y la acumulación de contaminantes como el caucho que se adhiere a la superficie de rodaje. El efecto de estos factores depende directamente del volumen y del tipo de tráfico de aeronaves. Otros factores que influyen en el deterioro de las características de fricción son las condiciones del clima local, el tipo de material utilizando en la construcción del pavimento, cualquier tratamiento subsecuente para el mantenimiento de la superficie, así como las prácticas de mantenimiento que se tenga del mismo. Las fallas la estructura de pavimento de mantenimiento que se tenga del mismo. Las fallas la estructura de pavimento de como, por ejemplo, el pulido, desprendimiento de agregado fino. Amueblamiento, asentamiento y la fisura miento, también contribuyen a las pérdidas de las características de rozamiento en la pista por lo que estos aspectos deberían repararse en primera instancia. Asimismo, la contaminación de la superficie con depósitos de caucho, polvo, combustible jet, aceite y agua producen una pérdida de la resistencia al deslizamiento. En los países tropicales el problema más persistente es la acumulación de caucho hasta cubrir todo el pavimento, lo cual reducirá la capacidad de frenado y control de dirección de las aeronaves particularmente cuando la pista se encuentra mojada.

8. PROGRAMACIÓN DE LA EVALUACION DE LOS PAVIMENTOS.

- a) El Operador de cualquier aeropuerto con un tráfico de aviones Jet significativo debería programar pruebas periódicas de fricción en la pista de aterrizaje. Estas pruebas deberían llevarse a cabo de acuerdo con el procedimiento indicado en la sección 2 de este capítulo dependiendo de la disponibilidad del equipo de medición. Las pistas deberían evaluarse al menos una vez al año. Dependiendo del volumen de tipo (peso) del tráfico podrían que se requieran mediciones más frecuentes. Se debe tomar en cuenta que el proceso de medición toma tiempo y que mientras se estén efectuando las pruebas la pista no podrá ser utilizadas por las aeronaves por lo que su programación debe coordinarse adecuadamente con ATS, los servicios de FBO (Faxes Base Operations) y las aerolíneas.

9. FRECUENCIA MINIMA DE PRUEBAS DE FRICCIÓN

- a) La tabla 5-1 puede utilizarse como una guía para programar las pruebas de fricción. Esta tabla se basa en el promedio de mezclas de aeronaves turbo jet que opera en cualquier pista. La mayoría de las aeronaves que aterrizan en nuestra pista son de fuselaje estrecho como DC-9 B-737, A-219, A-320, E-190. Si el porcentaje de aeronave de fuselaje ancho es mayor al 20% es recomendable que el operador seleccione el nivel superior en la tabla para programar sus pruebas. Conforme se acumule información del cambio de los niveles de fricción en el trascurso del tiempo, el operador podrá elaborar su propia tabla con base en sus datos reales de tráfico. Es importante que cada pista debe evaluarse por separado por ejemplo la 07 y la 25.

Número de aterrizajes diarios mínimos de aeronaves turbo jet por lado de pista	Frecuencia de pruebas de rozamiento
Menos de 15	1 año
16 a 30	6 meses
31 a 90	3 meses
91 a 150	1 mes
151 a 210	2 semanas
Más de 210	1 semana

Tabla 5-1 Frecuencia de pruebas de rozamiento según el tráfico.

10. INSPECCIÓN SIN EQUIPO DE MEDICIÓN DE FRICCIÓN

- a) La obtención de un diagnóstico de las condiciones de rozamiento de manera visual no es confiable, sin embargo, de deben efectuar periódicamente para evaluar las condiciones de drenaje, acumulación de agua y deterioro estructural del pavimento.

11. DETERIORO DEL RANURADO

- a) El operador del aeródromo debería hacer medianas del ancho y la profundidad de las ranuras de la pista para revisar el desgaste y los daños. Cuando el 40% de las ranuras de la pista tenga una medida de ancho o profundidad igual o menor a 3 mm. Menos de las medidas originales en una distancia de 450 m se puede considerar que la efectividad del ranurado para prevenir el hidroplano se ha reducido considerablemente. En este caso el Operador de Aeródromo debería tomar una acción correctiva inmediata para restablecer 6 mm en su profundidad y ancho.

12. MEDICIÓN DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO

- a) Cuando una prueba de fricción identifica que las características de fricción del pavimento son inadecuadas, a menudo se observa la causa fácilmente como por ejemplo la acumulación excesiva de caucho. Cuando la causa no es obvia la siguiente guía sirve para determinar si la deficiencia es el resultado de un cambio en la textura del pavimento. Este deterioro puede ser causado por la influencia de las condiciones climáticas, el pulimento de la superficie por el uso y por contaminación producida por lo acumulación de caucho y otros contaminantes. La inspección visual no es suficiente para obtener datos confiables de la textura del pavimento, para obtener la profundidad de la textura se deben efectuar mediciones directas que incluso puede ser afectadas por el operador del equipo, por lo cual esto debería utilizarse solamente como parte de procedimiento completo de evaluación de la fricción.

13. GENERALIDADES DEL EQUIPO DE MEDICIÓN CONTINUA DE FRICCIÓN

13.1. Requerimiento general del equipo de medición continua de fricción CFME

- a) Todos los aeropuertos que reciban aeronaves turbojet deberían tener acceso un equipo CFME. Es conveniente cuando varios Aeródromos establezcan convenios para la compra y utilización de un solo equipo.

13.2. Entrenamiento del personal

- a) El éxito en la confiabilidad de los datos obtenidos en las pruebas de fricción depende en gran medida de la pericia del operador del equipo. Por esta razón es de vital importancia que los operadores reciban un entrenamiento adecuado en los procedimientos de medición, preferiblemente provista por el fabricante del equipo. Asimismo, se requerirá de un entrenamiento recurrente que garantice que el operador se mantenga al día y con un alto nivel de expertiz. La experiencia ha demostrado que si esto no se hace los operadores pierden contacto con las últimas técnicas de operación, calibración y mantenimiento de los equipos. En el Apéndice 3, se encuentra un plan sugerido de entrenamiento.

13.3. Calibración

- a) La calibración del equipo CFME debería revisar antes de cada medición para asegurarse que se encuentra dentro de las tolerancias dadas por el fabricante, Los equipos CFME provisto de sistema de humedecimiento de pista deberían calibrarse periódicamente para asegurar que el flujo de agua sea el correcto para colocar la película de agua requerida en cuanto a volumen, uniformidad y ubicación precisa para cualquiera de las velocidades de prueba.

14. REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS DE FRICCIÓN

14.1. Pasos preliminares

- a) La prueba de fricción debe estar precedida en primera instancia de una inspección visual profunda de todo el pavimento para identificar deficiencias. Deberán tomarse nota y ubicación de la manera más completa tanto de la inspección visual como de los datos del CMFE. El inspector deberá asegurarse de que el Operador del Aeródromo le supla el equipo de comunicación y las frecuencias ATC en todos los vehículos y el personal que se utilice para las pruebas. El personal que ejecute el procedimiento deberá estar entrenado tanto en los procedimientos de prueba como en los protocolos de seguridad y comunicación del aeropuerto. Además, el equipo del medio deberá estar previamente calibrado.

14.2. Ubicación de las pruebas de fricción en la pista

- a) Cuando se ejecuten las pruebas de fricción a 65 KPH las mediciones deberían iniciarse a una distancia de 150 m del final del umbral para lograr la aceleración adecuada hasta estabilizar la velocidad. De la misma forma la toma de datos debería terminarse 150 m del final del umbral para lograr la aceleración adecuada hasta estabilizar la velocidad. De la misma forma la toma de datos debería terminarse 150m antes del final de la pista para permitir una suficiente distancia de frenado. Cuando las pruebas se ejecuten a 95 kph se debería iniciar la toma de datos a 300 m del final del umbral y terminarla 300 m antes del final de pista por las mismas razones anteriores. La localización transversal de las pruebas en el ancho de pista dependerá del tipo de aeronaves que operen en la pista. A menos que las condiciones de la superficie Sean notablemente diferentes en ambas direcciones de la pista, sería suficiente que se ejecute la prueba en una sola dirección. La ubicación transversal de las pruebas se basará en el tipo de aeronaves que operen en el aeródromo de la siguiente forma:

- I. **Pista que sirve a aeronaves de fuselaje estrecho.** Se deberían efectuar las pruebas de fricción a 3 m a la derecha de la línea de centro de la pista.
- II. **Pista que sirve a aeronaves de fuselaje estrecho y ancho.** Las pruebas de fricción deberían efectuar a 3 y 6 m al derecho de la línea de centro de la pista para determinar el caso más crítico. Si se encuentra que el caso más crítico es consistente en un carril específico. Las pruebas futuras es recomendable que se efectúen en ese mismo carril. Se debe observar también el cambio que pueda tener el tráfico aéreo según la época del año.

14.3. Velocidad del vehículo para efectuar las pruebas

- a) Todas las pruebas de fricción que se efectúen con los CFME aprobados pueden utilizarse a ambas velocidades de prueba: 65 kph para determinar la macro textura/contaminantes/condiciones de drenajes de la superficie del pavimento; y 95 kph para determinar la condición de la micro textura del pavimento. La prueba completa deberá incluir la verificación a ambas velocidades.

14.4. Uso de equipo CFME auto humectante

- a) Debido a que deberían medirse las condiciones de fricción del pavimento en las condiciones más críticas los equipos CFME cuenta con un dispositivo de humectación de la superficie para simular condiciones lluviosas y obtener de un registro de valores de fricción en todo el largo de la pista. El sistema de humidificación cuenta con boquillas diseñadas para proveer una profundidad uniforme de película de agua de 1 mm delante de las llantas de medición. Esta prueba con la superficie húmeda provee datos más confiables al determinar si se requieren o no acciones correctivas.

14.5. Pruebas de fricción durante la lluvia

- a) El equipo CMFE auto humectante tiene la limitación de que por sí mismo no tiene la capacidad de indicar la potencia de hidroplano sobre la superficie. Algunas pistas tienen depresiones que se encharcan durante la lluvia. Esta área puede exceder considerablemente la profundidad de agua que utiliza el sistema de humidificación del CFME. Por lo tanto, debería efectuar inspecciones visuales notando la ubicación, promedio de profundidad de agua y dimensiones de las áreas con acumulación de agua. Si el promedio de profundidad de agua excede 3 mm en una longitud de 150 m el área con depresión debería corregirse.

14.6. Clasificación de los niveles de fricción

- a) Los valores μ (valores de fricción) medidos por un CFME puede ser utilizados como guía para evaluar el deterioro de las resistencias al deslizamiento de los pavimentos de pista de aterrizaje y también para determinar las acciones correctivas apropiadas requeridas para las operaciones seguras, La tabla 10-1 proporciona valores de fricción de 3 niveles de clasificación de diversos equipos aprobados operados a 65 y 95 kph.

DIRECCIÓN GENERAL DE AERONAUTICA CIVIL

TABLA 10.1 CLASIFICACION DE NIVELES DE FRICCIÓN PARA PAVIMENTO DE PISTAS

	60 Kph			95 Kph		
	Mínimo	Planeación Mantenimiento	Nuevo Diseño/ Construcción	Mínimo	Planeación Mantenimiento	Nuevo Diseño/ Construcción
Mu Meter	0,42	0,52	0,72	0,26	0,38	0,66
Dynatec Consulting Inc. Runway Friction Tester	0,50	0,60	0,82	0,41	0,54	0,72
Airport Equipment Co. Skidometer	0,50	0,60	0,82	0,34	0,47	0,74
Airport Surface Friction Tester	0,50	0,60	0,82	0,34	0,47	0,74
Airport Technology USA Safegate Friction Tester	0,50	0,60	0,82	0,34	0,47	0,74
Findlay, Irvine, Ltd. Griptester Friction Meter	0,43	0,53	0,74	0,24	0,36	0,64
Tatra Friction Tester	0,48	0,57	0,76	0,42	0,52	0,67
Norsemeter RUNAR (operated at fixed 16% slip)	0,45	0,52	0,69	0,32	0,42	0,63

DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL

14.7. Guía de evaluación y mantenimiento

- a) La siguiente guía de evaluación y mantenimiento se basa en los niveles de fricción clasificados en la tabla 10-1. Tomar en cuenta que niveles bajos de rozamiento en distancias cortas sobre la pista no representa un problema de seguridad para las aeronaves. Por el otro lado largas longitudes de pista con deficiencias de nivel de rozamiento si deben ser una preocupación seria que requiera una acción inmediata.
- b) Deterioro del nivel de Fricción por debajo del nivel de Planeación de Mantenimiento (150 m). Cuando el valor promedio μ en superficie de pavimento húmedo es menor que el valor de nivel de mantenimiento, pero superior al nivel mínimo de fricción en la tabla 5-1 en una distancia de 150 m, y los segmentos adyacentes de 150 m son iguales o mayores al nivel de planeamiento de mantenimiento, en este caso no se requiera ninguna acción correctiva. Esta lectura indica que el pavimento se está deteriorando, pero aún se encuentra en una condición general aceptable. El operador debería dar seguimiento a las condiciones de rozamiento con pruebas periódicas para establecer la tasa de deterioro y el alcance de la pérdida de resistencia al deslizamiento.
- I. **Deterioro del nivel de fricción por debajo del nivel de Planeación de Mantenimiento (330 m).** Cuando el valor promedio μ en superficie de pavimento húmedo es menor que el valor de nivel de mantenimiento, pero superior al nivel mínimo de fricción en la tabla 5-1 en una distancia de 330 m o más, el operador del aeródromo debería llevar a cabo una evaluación completa para determinar las causas y extensión de la pérdida de fricción y tomar las acciones correctivas apropiadas.
- II. **Deterioro del nivel de fricción por debajo del Nivel Mínimo de Fricción.** Cuando el valor promedio de pavimento húmedo es menor que el valor mínimo aceptable de rozamiento en superficie humeada indicado en la tabla 5-1 en una distancia de 150 m y los segmentos adyacentes se encuentra por debajo del nivel de Planeamiento de Mantenimiento, se debe tomar acciones correctivas inmediatas luego determinar las causas del deterioro. Antes de efectuar cualquier acción correctiva el operador del aeródromo deberá determinar si existen otras deficiencias que requieran acciones correctivas.
- c) **Nivel de Fricción para diseños o construcciones nuevas.** Para pista de aterrizaje en proyectos o de construcción nueva, (así sean con acanalados cortado con sierra o son sobre capa) y que sirva para la operación de aeronaves turbojet el valor promedio μ de la superficie en cada segmento de 150 m no debería ser menor a los valores indicados en la tabla 5-1 para este caso.

14.8. Pruebas recomendadas

- a) Cuando las pruebas cumplan los criterios de los párrafos 14.7 a, 14.7 b, 14.7 b) I y 14.7 b) II no será necesario hacer mediciones de profundidad de textura, sin embargo, cuando los valores de fricción no cumplan los criterios de los párrafos 14.7 a, 14.7 b y 14.7 b) I y 10.7 b) II y la causa no sea obvia (por ejemplo, acumulación de caucho), el operador del aeródromo debería ejecutar pruebas de profundidad de textura.

14.9. Profundidades de textura recomendadas

- a) **Pavimentos nuevos.** La profundidad promedio de textura para obtener una adecuada resistencia al deslizamiento para pavimento nuevo de concreto o asfalto es de 1,2 mm. Si

están por debajo de dicho valor indica una deficiencia en la macro textura. Esto significa que se deberá corregir conforme la superficie se deteriore.

b) **Pavimentos existentes.**

- I. Cuando la profundidad de la textura promedio en una zona de la pista (toma de contacto, punto medio de la pistas o rodaje de salida) cae por debajo de 1.2 mm el operador del aeródromo debería efectuar pruebas de textura cada vez que efectuó pruebas de fricción.
- II. Cuando la profundidad promedio de la textura en una zona de la pista sea menor a 0,76 mm, pero por encima de 0,4 mm, el operador del aeródromo debería iniciar planes para corregir la textura del pavimento en el plazo de un año.
- III. Cuando la profundidad de la textura promedio en una zona de la pista (toma de contacto, punto medio de la pista o rodaje de salida) cae por debajo de 0,25 mm, el operador del aeródromo debería corregir la textura del pavimento en el plazo de dos meses.

- c) **Re texturizado.** Un re texturizado de la carpeta debería mejorar el promedio de la profundidad de la textura de la carpeta debería mejorar el promedio de la profundidad de la textura a un mínimo de 0,76 mm.

14.10. Ubicación de las mediciones

- a) La profundidad del ranurado nunca se incluye en la medición de profundidad de textura. Para pavimentos ranurados la profundidad de textura debería medirse en áreas no ranuradas como por ejemplo cerca de las juntas transversales y tan cerca como sea posible de las áreas de alto tráfico.

14.11. Métodos de prueba

- a) Se deben tomar un mínimo de tres pruebas de profundidad de textura en cualquier área que se observe deficiente o bien donde sea evidente un cambio en la textura. A continuación, se describen métodos y equipos utilizados en el cálculo para determinar las profundidades de la textura del pavimento.

- I. **Equipo.** El Método de engrasamiento de la U.S NASA se utiliza para determinar la macro textura de una superficie de pavimento mediante la medición de la distancia promedio entre picos y valle en la textura del pavimento. Este método no se puede utilizar para evaluar la micro textura del pavimento. En términos generales el método consiste en esparcir un volumen conocido de grasa en un área medible, cubriendo los valles del pavimento hasta la cresta V/A, se obtiene la profundidad promedio de la macro textura. Para medir el volumen de área en la figura 10-1 se observa un cilindro hueco con un volumen interno de 15 cc. Por medio de un embolo que atraviesa ajustadamente el diámetro del cilindro, se expelle la grasa sobre el pavimento y se esparce con una espátula plana en un área rectangular. Puede utilizarse cualquier grasa lubricante multipropósito. Para efectos de cálculo la figura 10-2 muestra la relación entre diámetro de tubo y su longitud para obtener 15 cc volumen de grasa. El embolo puede ser de caucho y debe calzar exactamente en el diámetro del tubo para aplicar la grasa sin que queden sobrante en las paredes internas.

- II. **Medición.** Se llenará el tubo de grasa con alguna herramienta apropiada como por ejemplo una espátula pequeña, teniendo cuidado de que no quede aire atrapado y luego limpiarán los bordes a escuadra como se muestra en la figura 10-3. En la figura 10-4 se muestra una vista general del procedimiento de medición y textura. Las líneas de cinta adhesiva (Marking tape) se encuentra separadas 10 cm. La grasa se expelle del tubo con

el embolo y se esparce en medio de las líneas de cinta adhesiva, haciéndola precaución de que no queden pérdidas de volumen sobre la cinta adhesiva o la espátula de hule. Finalmente se cuadra un área medible en medio de las líneas de cinta adhesiva, utilizando todo el volumen de grasa que contenía el tubo.

14.12. Cálculo

- a) Se utilizará las siguientes ecuaciones para calcular la profundidad promedio de la textura de la superficie de pavimento:

$$\text{Profundidad de la Textura} = \frac{\text{Volumen de grasa}}{\text{Área cubierta con la grasa.}}$$

$$\text{Profundidad promedio de la textura} = \frac{\text{Sumario de la prueba individuales}}{\text{Número total de prueba.}}$$

Nota: Los resultados serán en las unidades utilizadas (cm, mm, pulgadas).

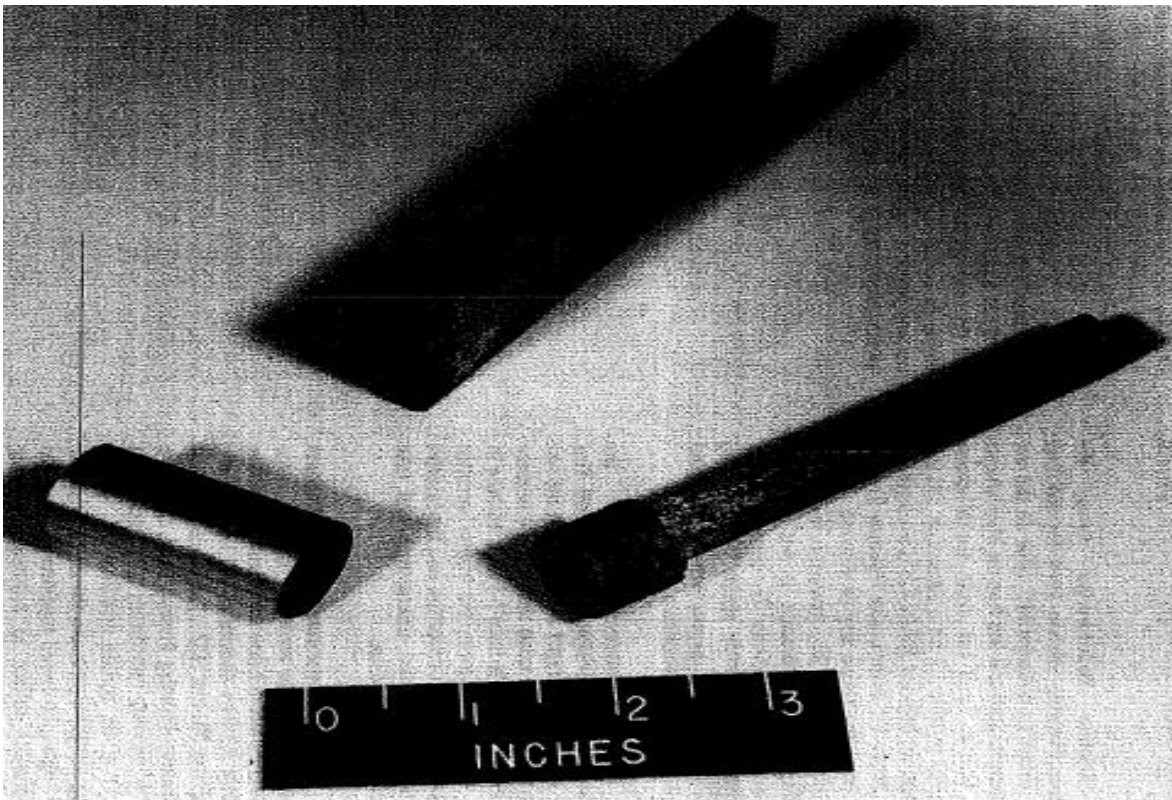


Fig. 10-1 Tubo de medición, émbolo y esparcidor.

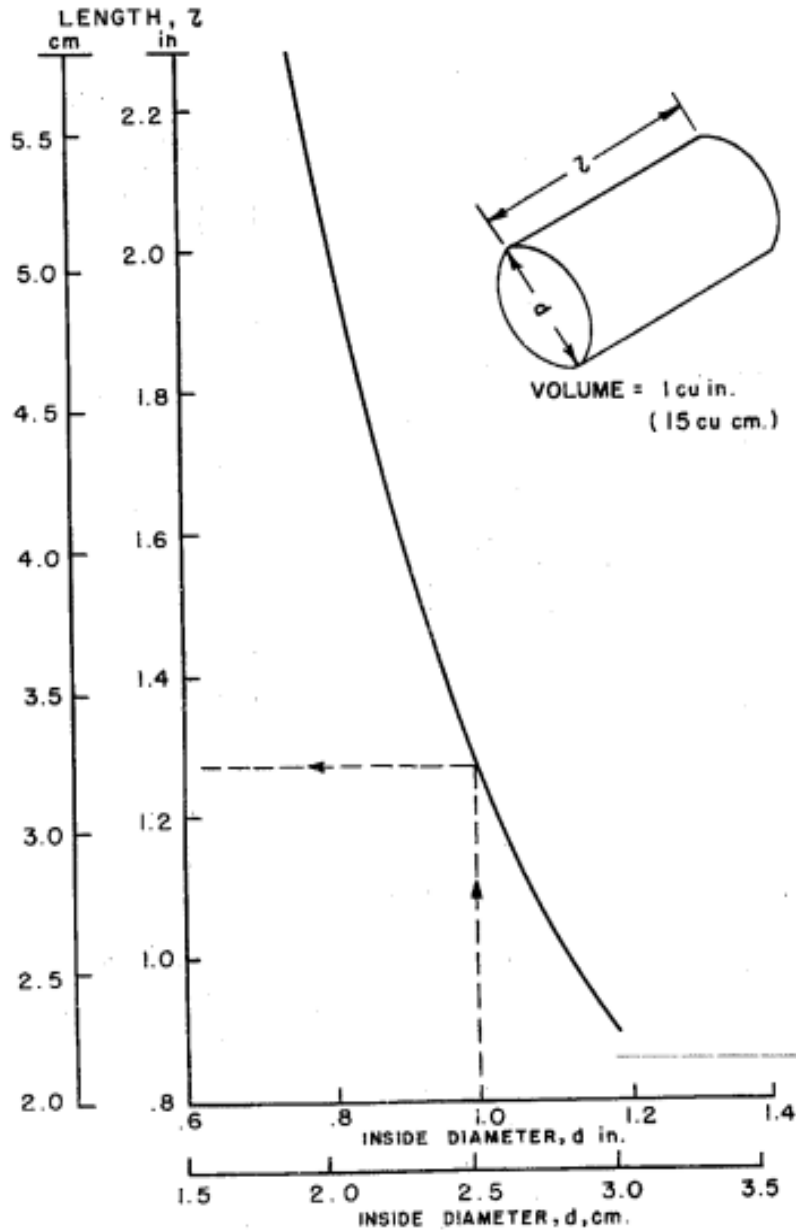


Fig. 10-2 Relaciones entre logintud y diametro interno del tubo

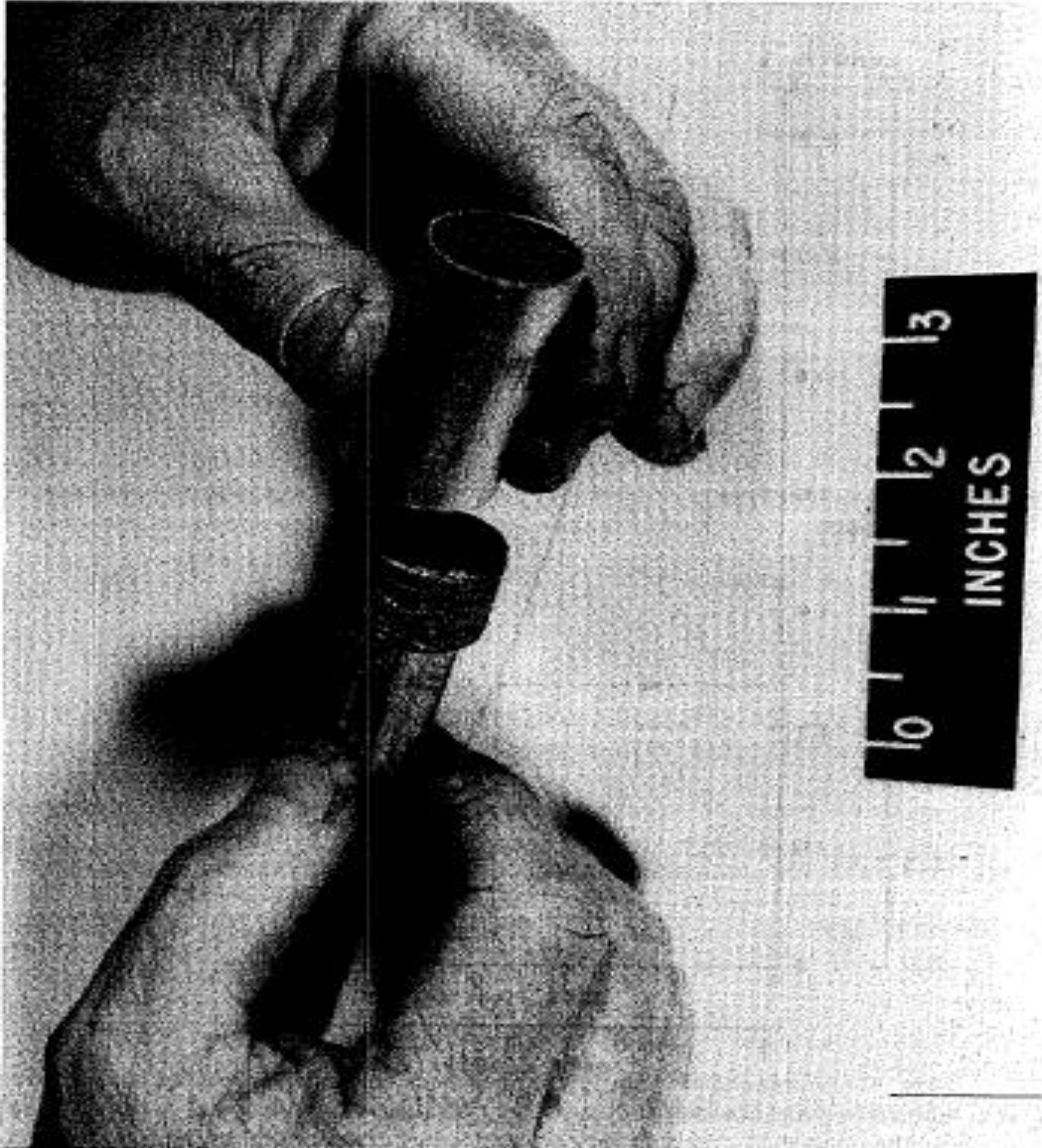


Fig. 10-3 Tubo de medición lleno con grasa.

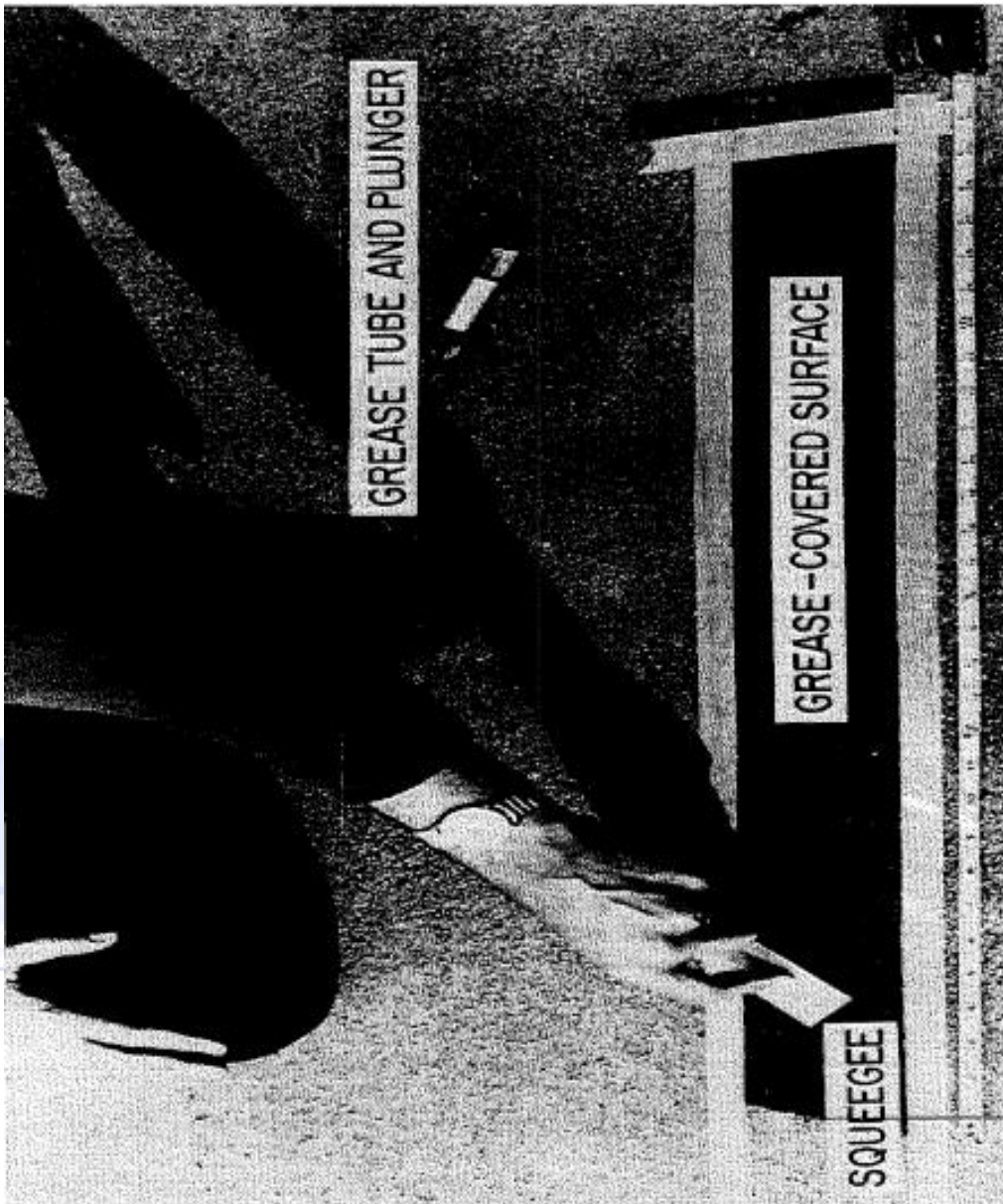


Fig. 10-4 Ilustración de la técnica para esparcir la grasa en un área utilizando cinta adhesiva para cuadrar un área. Primero se colocan 3 lados y se esparce la grasa, el cuarto lado se pone de último.

15. MANTENIMIENTO DE LA ALTA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

15.1. Sección 1. Consideraciones de mantenimiento

15.1.1. Necesidades de Matenimiento

- a) La capacidad antideslizamiento del pavimento de las pistas disminuye conforme el uso y los contaminantes afecta la macrotextura y la microtextura. En aeropuertos de uso conjunto entre aviación civil y militar y cuando ocurren muchas operaciones militares, el vertido de exceso de combustible puede llevar a una pérdida seria de fricción en el pavimento debido a los contaminantes o los aceites que se depositen en la superficie. Asimismo algún tratamiento para la superficie puede reducir el coeficiente de fricción del pavimento, especialmente durante el primer año. Incluso en ocasiones en que ya el pavimento tiene una capacidad de fricción apenas suficiente puede llegar a niveles inaceptables con ciertos tratamientos de superficie.
- b) Cuando la medición del factor de fricción se acerca o desciende por debajo del Nivel de Planeamiento del Mantenimiento indicado en la tabla 10-1, puede utilizar la frecuencia de la tabla 11-1 para presupuestar y programar la remoción de contaminantes y la restauración de la superficie. Como se estableció anteriormente, el promedio de la mezcla de tráfico está basada en general en aeronaves de fuselaje estrecho y alguna de fuselaje ancho. La acumulación de caucho depende en mayor medida del tipo y frecuencia de las operaciones de aterrizaje, por ejemplo los pesos de las aeronaves y el número de ruedas que hacen contacto con la superficie, el clima, la longitud de la pista y la composición de la superficie de rodadura. Cuando más de un 20% de las operaciones de aterrizaje son de aeronaves de fuselaje ancho es recomendable utilizar la fila superior de la tabla 11-1 para determinar la frecuencia de remoción de caucho, no obstante la experiencia ha demostrado que la mejor práctica es la de utilizar el equipo CFME para que el Operador determine sus propios niveles de mantenimiento.

Número de aterrizajes diarios mínimos de aeronaves turbojet por lado de pista	Frecuencia de pruebas de rozamiento
Menos de 15	2 año
16 a 30	1 año
31 a 90	6 meses
91 a 150	4 mes
151 a 210	3 meses
Más de 210	2 meses

Tabla 11-1 Frecuencia de Remoción de Caucho.

Nota: Cada Pista deberá evaluarse por separado (p.ej. 02,20)

15.2. Sección 2. Métodos para remover contaminantes

15.2.1. Técnicas recomendadas para la remoción de contaminantes

- a) Existen varios métodos para la limpieza de depósitos de caucho y pintura de la demarcación horizontal. Entre otros podemos mencionar el lavado con agua a presión. Químicos, impactos de alta velocidad y abrasión mecánica. Luego de la remoción de los contaminantes el Operador del aeródromo debería efectuar nuevas pruebas de fricción para asegurar que los valores μ se han restaurado dentro un 10% del valor de la zona central no contaminada dentro de los valores aceptables para las operaciones seguras. El resultado de la remoción de contaminantes no puede ser evaluado visualmente, debería utilizarse un equipo CFME

para obtener los valores actuales. A continuación, se brindará una breve explicación de las distintas técnicas de limpieza de la superficie. No deberá efectuarse ninguna limpieza mientras la pista se encuentre anegado o con depósitos de barro. El resultado final de la limpieza dependerá en gran medida de la pericia del personal que ejecute el procedimiento puede ser completamente inefectivo o incluso que sea efectivo pero que la superficie de rodamiento quede dañada. Se recomienda a los Operadores que primero soliciten al contratista o encargado que haga una prueba de limpieza en una zona pequeña para evaluar los resultados obtenidos sin dañar el pavimento.

- I. **Remoción con agua a presión.** Esta técnica remueve el caucho mediante una serie de boquillas con agua a presión y lo lleva a los bordes de la pista. El sistema es económico, ambientalmente limpio, remueve efectivamente los depósitos sobre el pavimento. También se utiliza esta técnica para recuperar la textura del pavimento en superficie pulida. Las presiones que se utilizan varía de un equipo a otro e incluso depende del equipo que utilice el contratista, no obstante, la presión utilizando no es un parámetro para determinar la efectividad de procedimiento o del daño que se produzca al pavimento. El Operador deberá confiar en la experiencia demostrada del contratista y su referencia.
- II. **Remoción química.** Se han utilizado exitosamente solvente químicos tanto en pista de pavimentos rígidos (concreto de cemento Portland) como en pavimentos flexibles (Asfalto en caliente). Para pavimentos rígidos se utilizan los que son a base de ácido crómico y una mezcla de benceno, además de un detergente sintético como agente humectante. Para remoción de hule en pavimentos de asfalto se utiliza más los solventes alcalinos. Estos químicos tienen propiedades volátiles y tóxicas por lo que deben utilizarse con los cuidados necesarios durante y después de la aplicación. Además, si los químicos permanecen sobre la superficie demasiado tiempo será muy posible que se afecte la pintura de la demarcación horizontal. También debido a su naturaleza estos químicos deben desecharse adecuadamente luego de su aplicación para evitar la contaminación ambiental y que se afecten las áreas circundantes, Los detergentes fabricados con meta silicatos y jabón y resinas pueden utilizarse efectivamente para remover combustibles, aceite, grasa en pavimentos rígidos. En pavimentos flexibles se utiliza efectivamente el aserrín o la arena combinados con desengrasantes alcalinos.
- III. **Remoción por impacto a alta velocidad.** Esta técnica utiliza el principio de disparo de partículas abrasivas a muy alta velocidad sobre la superficie de pavimentos de la pista para remover los contaminantes. Adicionalmente el equipo que ejecuta la operación puede ser ajustado para mejorar la textura del pavimento si se requiere. El material abrasivo es disparado mecánicamente desde las espas periféricas de hojas radiales de una rueda con forma de abanico. La operación es ambientalmente amigable debido a que el equipo además aspira el material abrasivo, lo separa del contaminante y lo recicla para ser utilizado de nuevo. Adicionalmente el equipo es muy versátil por lo que puede ser removido de la pista rápidamente si se requieren operaciones de aeronaves.
- IV. **Remoción Mecánica.** Esta técnica utiliza la abrasión mecánica para remover depósitos muy densos de hule tanto en pavimento rígidos como en pavimento flexible. También se utiliza cuando la pista tiene protuberancia o cuando las juntas entre losas se han levantado. Este método mejora sustancialmente las características de rozamiento de los pavimentos. Esta técnica remueve entre 3 y 5 mm espesor en la superficie.

16. APÉNDICE 1. ESPECIFICACIÓN DE DESEMPEÑO DEL CFME

- a) Estándares de Desempeño del Equipo de Medición de Fricción. El equipo CFME deberá ser auto transportado o de remolque. Si es de remolque el vehículo debe ser considerado como una parte integral del equipo. Los vehículos y los remolques deberán cumplir con todas las regulaciones para el tráfico en carretera y el aparato de medición de rozamiento, medidor del Mu, deberá cumplir con el Método Estándar de pruebas de las normas ASTM E 670.

16.1. Características del equipo de medición de fricción.

- a) Proveer una medican de fricción, rápida, continua, precisa y confiable en el largo total de la pista menos las diferencias requeridas para aceleración y desaceleración de los vehículos en los extremos de la pista.
- b) Tener un diseño robusto para funcionar apropiadamente y poseer un método eficiente y confiable de calibración.
- c) Ser capaz de proveer al operador automáticamente una selección de valores de fricción promedio para 150 m y un segmento de un tercio de la pista. Además, deberá ser capaz de proveer datos con los cuales pueda calcularse el valor promedio de la fricción para cualquier longitud de la pista.
- d) Deberá ser capaz de producir un trazo de medidas de fricción relativas a la longitud del pavimento a una escala de al menos 25mm = 150 m.
- e) Deberá ser capaz de repetir consistentemente mediciones de fricción en toda la zona de fricción para todo tipo de pavimento. Los promedios de fricción para cada segmento de 150 m localizado sobre la superficie de pavimento deberán tener un nivel de confianza del 95,5% o dos desviaciones estándar de + 0.60. valores Mu.
- f) Deberá contener un sistema humedecedor de pavimento que distribuya una capa de agua de 1mm de profundidad al frente de la rueda de mediano de fricción. El fabricante deberá proveer la documentación que muestre que el flujo. El fabricante deberá proveer la documentación que muestra que el flujo de agua se encuentra dentro de una tolerancia de + 10% para ambas velocidades de medición.
- g) Deberá ser capaz de efectuar pruebas a las velocidades de 65 y 95 kph con unas tolerancias de + 5 kph.
- h) Incluir los manuales de mantenimiento y operación incluyendo material de guía y entrenamiento para los operadores.
- i) Deberá disponer de instrumentación electrónica (electrónica de estado sólido) incluyendo un teclado de entrada de datos que mejore la recogida de información y capacidad de análisis de los equipos, además de proporcionar al operador más comedidas en la operación y el funcionamiento del equipo. La información recopilada durante las pruebas debería poder almacenarse en una memoria de estado sólido interna y estar fácilmente accesible para el operador del vehículo. Esto permitirá el análisis de los datos, la impresión y el caso de los valores promedio de fricción en la longitud total o parcial de la medición. Cada una de las impresiones que brinda el equipo deberá incluir la siguiente información: Numero Designador de pista la fecha, la hora de la prueba una traza continua de los valores de fricción obtenidos en la longitud total de la pista menos las distancias de aceleración y desaceleración, marcas empresas señalados cada incremento de 30 m de la longitud de pista

como referencia para indicar áreas específicas en la superficie de pavimento de la pista; valores promedio de fricción para cada 150 m y para segmento de pista ; valores promedio de fricción para cada 150 m y para segmentos de un tercio de la longitud de la pista incluyendo la velocidad promedio del vehículo para ese segmento.

16.2. Características del vehículo

- a) Ser capaz de efectuar pruebas de fricción a 65 y 95 con una tolerancia de + 5 kph. Poseer suficiente potencia para acelerar a las velocidades dentro de los 150 y 300 m a partir del punto de salida respectivamente aun cargado con la carga completa de agua.
- b) Estar equipado con control de velocidad electrónico.
- c) Contar con la característica de pintura, señalización e implementación de iluminación para operar en el área de maniobras.
- d) Disponer de radio de comunicación para la comunicación con Operaciones Aeroportuaria y con la Torre de control.
- e) Estar equipado con un tanque de agua de construcción liviana con capacidad suficiente para completar mediciones en una longitud de 4,330 m y con todo el equipamiento necesario para dispensar el agua con el flujo necesario para proveer una capa de 1 mm frente a las ruedas de medición.
- f) Estar equipado con una suspensión de trabajo pesado adecuada para soportar las cargas impuestas por la prueba.
- g) Disponer de un sistema de regule el flujo de agua desde la posición del conductor del vehículo salvo si el sistema de regulación es automático.
- h) Estar equipado con focos controlados internamente a cada lado del vehículo. Para equipos de remolque, este etilo deberá estar equipado con al menos dos reflectores que ilumine adecuadamente la parte de atrás del vehículo por un espacio de 2 m adelante y atrás del equipo de medición.
- i) Estar equipado con sistema de control de climatización en la cabina cuando se solicite.

16.3. Estándar de Desempeño de las Ruedas.

- a) El equipo de medición de fricción deberá disponer de ruedas de medición que sean diseñadas para el uso específico y cumplir con la norma ASTM-E670, E5551, o E-1844 según aplique, y estar infladas a las presiones de uso especificadas.

17. APÉNDICE 2. PROVEEDORES DE CFME APROBADOS

AIRPORT SURFACE FRICTION TESTER AB PL 2217 S-761 92 Norrtälje SWEDEN	AIRPORT SURFACE FRICTION TESTER +46 1 766 96 90 FAX +46 1 766 98 80
AIRPORT TECHNOLOGY USA Six Landmark Square - Fourth Floor Stamford, CT 06901-2792	SAFEGATE FRICTION TESTER (203) 359-5730 FAX (202) 378-0501
BISON INSTRUMENTS, INC. 5610 Rowland Road Minneapolis, MN 55343-8956	MARK 4 MU METER (612) 931-0051 FAX (612) 931-0997
INTERTECH ENGINEERING 726 South Mansfield Avenue Los Angeles, CA 90036	TATRA FRICTION TESTER (213) 939-4302 FAX (213) 939-7298
DYNATEST CONSULTING, INC. (FORMERLY K. J. LAW ENGINEERS, INC.) 13953 US Highway 301 South Starke, FL 32091	RUNWAY FRICTION TESTER (M 6800) (904) 964-3777 FAX (904) 964-3749
AEC, AIRPORT EQUIPMENT CO. P.O. Box 20079 S-161 02 BROMMA SWEDEN	BV-11 SKIDDOMETER +46 8 295070 FAX +46 8 6275527 E-mail aec@aec.se
FINDLAY, IRVINE, LTD. Bog Road, Penicuik Midlothian EH 26 9BU SCOTLAND	GRIPTESTER FRICTION TESTER +44 1968 672111 FAX +44 1968 672596
NORSE METER P.O. Box 42 Olav Ingstads vei 3 1351 Rud NORWAY	RUNAR RUNWAY ANALYSER AND RECORDER +47 67 15 17 00 FAX +47 67 15 17 01

18. APÉNDICE 3. GENERALIDADES DE ENTRENAMIENTO

- a) El siguiente plan ilustra los puntos principales que deben ser considerado al desarrollar el plan de entrenamiento de los operadores del equipo en cuanto a operación y mantenimiento del CFME. Cada vez que haya un cambio en el equipo o en sus características se deberá revisar el plan de entrenamiento. El fabricante deberá proporcionar al comprador un documento que indique el entrenamiento para el uso y mantenimiento del equipo

18.1. Generalidades del Entrenamiento Requerido.

a) **Instrucción teórica:**

- I. Propósito del entrenamiento.
- II. Discusión general del RAC 14 (Anexo 14 de OACI).
- III. Discusiones generales sobre esta CA y material relacionado.
- IV. Discusión General sobre la Normas Estándar ASTM involucradas.
- V. Generalidades del Programa.
- VI. Revisión del requerimiento de esta CA.

- i. Definiciones del coeficiente de fricción
- ii. Factores que afectan las condiciones de fricción
- iii. Normas ASTM para los CFME
- iv. Normas ASTM para las ruedas de medición
- v. Operaciones del CFME
- vi. Mantenimiento del CFME
- vii. Procedimientos para reportar los valores de fricción
- viii. Preparación y publicación de NOTAMS

b) **Orientación sobre la calibración, operación y mantenimiento del CFME**

- I. Experiencia de campo. Operación y mantenimiento del CFME
- II. Evaluación. Examen individual de todos los temas tratados
- III. Entrega de Certificados.

19. AUTORIZADO.


P.A. Francis Arturo Argueta Aguirre
Director General
Dirección General de Aeronáutica Civil

