 <p>GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS</p> <p>AGENCIA HONDUREÑA DE AERONÁUTICA CIVIL</p>	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-006
	ASUNTO:	Medición de las condiciones de rozamiento en pavimentos de pista
	PAGINA	1 de 27
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

**Propósito:** MEDICION DE LAS CONDICIONES DE ROZAMIENTO EN PAVIMENTOS DE PISTAS

**Fecha:** 31/03/2016

**CA# AHAC-AGA-016-Rev.1**

**ELABORADO POR ACSA-AGA -HWP**

### 1. PROPÓSITO DE ESTA CIRCULAR DE ASESORAMIENTO.

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 pistas de aterrizaje.

### 2. QUE CANCELA ESTA CA.

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

### 3. A QUIEN AFECTA ESTA CA.

En cumplimiento a las Normas Técnicas al MRAC-14 volumen 1 MRAC-139, para todos los Aeródromos Nacionales e intencionales, Operadores de Aeródromos, gerentes de operaciones y mantenimiento, para todos los aeródromos nacionales e Internacionales,

### 4. DONDE OBTENER COPIA DE ESTE DOCUMENTO.


Le puede obtener copia de este documento en la Biblioteca Técnica de la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil

Aprobado:

Director de Aviación Civil

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1</b>	<b>OBJETO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>DEFINICIONES</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS.</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>PROGRAMACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE LOS PAVIMENTOS</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>FRECUENCIA MÍNIMA DE PRUEBAS DE FRICCIÓN</b>	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>INSPECCIÓN SIN EQUIPO DE MEDICIÓN DE FRICCIÓN</b>	<b>4</b>
<b>7</b>	<b>DETERIORO DEL RANURADO</b>	<b>4</b>
<b>8</b>	<b>MEDICIÓN DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO.</b>	<b>5</b>
<b>9</b>	<b>GENERALIDADES DEL EQUIPO DE MEDICIÓN CONTINUA DE FRICCIÓN</b>	<b>5</b>
9.1	REQUERIMIENTOS GENERALES DEL EQUIPO DE MEDICIÓN CONTINUA DE FRICCIÓN. CFME (CONTINUOUS FRICTION MEASUREMENT EQUIPMENT)	5
9.2	ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL.	5
9.3	CALIBRACIÓN	6
<b>10</b>	<b>REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS DE FRICCIÓN</b>	<b>6</b>
10.1	PASOS PRELIMINARES.	6
10.2	UBICACIÓN DE LAS PRUEBAS DE FRICCIÓN EN LA PISTA	6
10.3	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO PARA EFECTUAR LAS PRUEBAS	7
10.4	USO DE EQUIPO CFME AUTO HUMECTANTE.	7
10.5	PRUEBAS DE FRICCIÓN DURANTE LA LLUVIA	7
10.6	CLASIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE FRICCIÓN	7
10.7	GUÍA DE EVALUACIÓN Y MANTENIMIENTO	9
10.8	PRUEBAS RECOMENDADAS.	10
10.9	PROFUNDIDADES DE TEXTURA RECOMENDADAS.	10
10.10	UBICACIÓN DE LAS MEDICIONES.	10
10.11	MÉTODOS DE PRUEBA	11
10.12	CÁLCULO.	11
<b>11</b>	<b>MANTENIMIENTO DE LA ALTA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO.</b>	<b>17</b>
	<b>SECCIÓN 1. CONSIDERACIONES DE MANTENIMIENTO</b>	<b>17</b>
11.1	NECESIDAD DE MANTENIMIENTO	17
	<b>SECCIÓN 2. MÉTODOS PARA REMOVER CONTAMINANTES.</b>	<b>18</b>
11.2	TÉCNICAS RECOMENDADAS PARA LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES	18
	<b>APENDICE 1. ESPECIFICACIONES DE DESEMPEÑO DEL CFME</b>	<b>20</b>
	<b>APENDICE 2. PROVEEDORES DE CFME APROVADOS</b>	<b>23</b>
	<b>APENDICE 3. GENERALIDADES DE ENTRENAMIENTO</b>	<b>24</b>

 <p>GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL</p>	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-006
	ASUNTO:	Medición de las condiciones de rozamiento en pavimentos de pista
	PAGINA	1 de 27
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

## 1 OBJETO

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 pistas de aterrizaje así como para llevar a cabo la vigilancia continua de los niveles de rozamiento con propósitos de mantenimiento.

## 2 DEFINICIONES

**Agua Estancada:** Para fines de la performance de un avión, más del 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 anchuras requeridas en uso.

**ATC:** Control de Tráfico Aéreo

**Capa de Sub-base:** Capa de la estructura de pavimento asfáltico situado inmediatamente bajo la capa de base.

**CFME:** Equipo de Medición del Coeficiente de Fricción

**Coeficiente de Rozamiento:** La definición clásica de coeficiente de rozamiento es la relación entre la fuerza de rozamiento del neumático y la carga vertical.


**Franjas de Pista:** Una superficie definida que comprende la pista y la zona de parada, si la hubiese, destinada a:

- a) Reducir el riesgo de danos a las aeronaves que se salgan de la pista y
- b) Proteger a las aeronaves que sobrevuelan la pista durante las operaciones de despegue o aterrizaje.

**Hidroplaneo:** Efecto que resulta cuando la llanta no puede comprimir más la capa del fluido debajo de ella, levantándose de la pista. Produce una pérdida parcial o total del contacto reduciendo el coeficiente de fricción. Afecta la dirección de nariz y la frenada. Siempre ocurre en algún grado en pistas contaminadas con fluido.

**Margen:** Banda de terreno que bordea un pavimento, tratada de forma que sirva de transición entre ese pavimento y el terreno adyacente.

**OACI:** Organización de Aviación Civil Internacional

 <p>AGENCIA HONDUREÑA DE AERONÁUTICA CIVIL</p>	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-006
	ASUNTO:	Medición de las condiciones de rozamiento en pavimentos de pista
	PAGINA	2 de 27
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

**Obstáculo:** Todo objeto fijo (ya sea temporal o permanente) o móvil, o partes del mismo, que:

- a) Este situado en un área destinada al movimiento de las aeronaves en la superficie; o
- b) Sobresalga de una superficie definida destinada a proteger las aeronaves en vuelo
- c) Este fuera de las superficies definida y sea considerado como un peligro para la navegación aérea

**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 distribuir las al terreno de fundación.

**Pavimento Compuesto:** Pavimento que consta de capas de pavimento flexible (asfalto) y pavimento rígido (concreto), con o sin capas granulares de separación.

**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.

**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 relativamente elevada.

**Pista Mojada:** La superficie esta empapada sin agua estancada.


**Pista:** Área rectangular definida en un aeródromo terrestre preparada para el aterrizaje y el despegue de las aeronaves.-

**Pista Principal:** Pista que se utiliza con preferencia a otras siempre que las condiciones lo permitan.

**Superficie de Rodamiento:** La capa superior de una estructura de pavimento.

**Umbral:** Inicio de la parte de pista utilizable para el aterrizaje

**Umbral Desplazado:** Umbral que no está situado en el extremo de pista


 GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-006
	ASUNTO:	Medición de las condiciones de rozamiento en pavimentos de pista
	PAGINA	3 de 27
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

### 3 Evaluación de Pavimentos.

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 frenado 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 utilizado en la construcción del pavimento, cualquier tratamiento subsecuente para el mantenimiento de la superficie así como las prácticas de mantenimiento que se tengan del mismo. Las fallas la estructura de pavimento como por ejemplo, el pulido, desprendimientos de agregado fino, ahuellamiento, asentamientos y el fisuramiento, también contribuyen a la pérdida 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 en el pavimento el cual podría llegar a ser extensivo en la zona de toma de contacto hasta cubrir todo el pavimento, lo cual reducirá la capacidad de frenado y control de dirección de las aeronaves particularmente cuando las pistas se encuentran mojadas.

### 4 PROGRAMACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE LOS PAVIMENTOS

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 los procedimientos indicados en las secciones 2 y 3 de este capítulo dependiendo de a disponibilidad del equipo de medición. Las pistas deberían evaluarse al menos una vez al año. Dependiendo del volumen y tipo (peso) del tráfico podría ser que se requirieran mediciones má 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 utilizada por las aeronaves por lo que su programación debe coordinarse adecuadamente con ATS, los servicios de FBO (Fixed Base Operations) y las aerolíneas.

 GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE HONDURAS AGENCIA HONDUREÑA DE AERONÁUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-006
	ASUNTO:	Medición de las condiciones de rozamiento en pavimentos de pista
	PAGINA	4 de 27
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

## 5 FRECUENCIA MÍNIMA DE PRUEBAS DE FRICCIÓN

La tabla 3-1 puede utilizarse como una guía para programar las pruebas de fricción. Esta tabla se basa en el promedio de mezclas de aeronaves turbojet que operan en cualquier pista. La mayoría de las aeronaves que aterrizan en nuestras pistas 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 transcurso 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 turbojet 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.

## 6 INSPECCIÓN SIN EQUIPO DE MEDICIÓN DE FRICCIÓN

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

## 7 DETERIORO DEL RANURADO

El Operador del aeródromo debería hacer mediciones del ancho y la profundidad de las ranuras de la pista para revisar el desgaste y los daños. Cuando el 40% de las

 <p>GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS</p> <p>AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL</p>	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-006
	ASUNTO:	Medición de las condiciones de rozamiento en pavimentos de pista
	PAGINA	5 de 27
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

ranuras de la pista tengan una medida de ancho o profundidad igual o menor a 3 mm. de las medidas originales en una distancia de 450 m se puede considerar que la efectividad del ranurado para prevenir el Hidroplaneo 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.

## **8 MEDICIÓN DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO.**

Quando 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 la 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.


## **9 GENERALIDADES DEL EQUIPO DE MEDICIÓN CONTINUA DE FRICCIÓN**

### **9.1 Requerimientos Generales del Equipo de Medición Continua de Fricción. CFME (Continuous Friction Measurement Equipment)**

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.

### **9.2 Entrenamiento del personal.**

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 proveída 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 experticia. La experiencia ha demostrado que si esto no se hace los operadores pierden contacto con las últimas técnicas de operación, calibración y mantenimientos de los equipos. En el Apéndice 3 se encuentra un plan sugerido de entrenamiento.

 GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-006
	ASUNTO:	Medición de las condiciones de rozamiento en pavimentos de pista
	PAGINA	6 de 27
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

### 9.3 Calibración

La calibración del equipo CFME debería revisarse antes de cada medición para asegurarse que se encuentra dentro de las tolerancias dadas por el fabricante. Los equipos CFME provistos 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.

## 10 REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS DE FRICCIÓN


### 10.1 Pasos preliminares.

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 comunicaciones y las frecuencias ATC en todos los vehículos y el personal que se utilicen 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 de medición deberá estar previamente calibrado.

### 10.2 Ubicación de las pruebas de fricción en la pista

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 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:

- **Pistas que sirven 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.
- **Pistas que sirven a aeronaves de fuselaje estrecho y ancho.** Las pruebas de fricción deberían efectuar a 3 y 6 m a la derecha de la línea de centro de la pista para determinar el caso más crítico. Si se encuentra que

 <p>GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS</p> <p>AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL</p>	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-006
	ASUNTO:	Medición de las condiciones de rozamiento en pavimentos de pista
	PAGINA	7 de 27
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

el caso más crítico es consistente en un carril específico, las pruebas futuras es recomendable que se efectúen en ese mismo carril. Se deben observar también los cambios que pueda tener el tráfico aéreo según la época del año.

### 10.3 Velocidad del vehículo para efectuar las pruebas

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

### 10.4 Uso de equipo CFME auto humectante.


Debido a que deberían medirse las condiciones de fricción del pavimento en las condiciones más críticas los equipos CFME cuentan 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 las 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.

### 10.5 Pruebas de fricción durante la lluvia

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


### 10.6 Clasificación de los niveles de fricción

Los valores  $\mu$  (valores de fricción) medidos por un CFME pueden ser utilizados como guía para evaluar el deterioro de la resistencia 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 kp

 <p>GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL</p>	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-006
	ASUNTO:	Medición de las condiciones de rozamiento en pavimentos de pista
	PAGINA	8 de 27
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

**TABLA 10-1 CLASIFICACIÓN DE NIVELES DE FRICCIÓN PARA PAVIMENTOS 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

 GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS	***** AGENCIA HONDUREÑA DE AERONÁUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-006
		ASUNTO:	Guía para la certificación de aeródromos
		PAGINA	9 de 27
		EDICION/REVISIÓN:	Original
		FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

## 10.7 Guía de evaluación y mantenimiento

La siguiente guía de evaluación y mantenimiento se basa en los niveles de fricción clasificados en la tabla 9-1. Toma 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 requerirá una acción inmediata.

- a- **Deterioro del nivel de fricción por debajo del nivel de Planeación de Mantenimiento (150 m ).** Cuando el valor promedio  $\mu$  en superficie de pavimento húmeda es menor que el valor de nivel de mantenimiento pero superior al nivel mínimo de fricción en la tabla 9-1 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 requerirá ninguna acción correctiva. Estas lecturas indican que el pavimento se está deteriorando pero aun 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.
- b- **Deterioro del nivel de fricción por debajo del nivel de Planeación de Mantenimiento (330 m).** Cuando el valor promedio  $\mu$  en superficie de pavimento húmeda es menor que el valor de nivel de mantenimiento pero superior al nivel mínimo de fricción en la tabla 9-1 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 correctiva apropiadas.
- c- **Deterioro del nivel de fricción por debajo del Nivel Mínimo de Fricción.** Cuando el valor promedio  $\mu$  en superficie de pavimento húmeda es menor que el valor mínimo aceptable de rozamiento en superficie húmeda indicado en la tabla 9-1 en una distancia de 150 m y los segmentos adyacentes se encuentran por debajo del nivel de Planeamiento de Mantenimiento, se deben tomar acciones correctivas inmediatas luego de 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.
- d- **Nivel de Fricción para diseños o construcciones nuevas.** Para pistas de aterrizaje en proyecto o de construcción nueva, (así sean con acanalado cortado con sierra o son sobre capa) y que sirvan para la operación de aeronaves turbojet el valor promedio  $\mu$  de la

 GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS	***** AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-006
		ASUNTO:	Guía para la certificación de aeródromos
		PAGINA	10 de 27
		EDICION/REVISIÓN:	Original
		FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

superficie en cada segmento de 150 m no debería ser menor a los valores indicados en la tabla 9-2 para este caso.

### 10.8 Pruebas recomendadas.


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

### 10.9 Profundidades de textura recomendadas.

- a. **Pavimentos nuevos.** La profundidad promedio de textura para obtener una adecuada resistencia al deslizamiento para pavimentos nuevos de concreto o asfalto es de 1,2 mm. Valores menores indican una deficiencia en la macro textura. Esto significa que se deberá corregir conforme la superficie se deteriore.
- b. **Pavimentos existentes.**
  - 1) 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 1.2 mm el operador del aeródromo debería efectuar pruebas de textura cada vez que efectúe pruebas de fricción.
  - 2) 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.
  - 3) 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 a un mínimo de 0,76 mm.

### 10.10 Ubicación de las mediciones.

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.


 GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS	CODIGO: SDT-CVA-CIR-006	
	ASUNTO: Guía para la certificación de aeródromos	
	PAGINA: 11 de 27	
	EDICION/REVISIÓN: Original	
	FECHA DE VIGENCIA: Febrero/2016	

## 10.11 Métodos de prueba

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

- d. 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 valles 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 gracia en un área medible, cubriendo los valles del pavimento hasta las crestas del pavimento. Conociendo el volumen y el área por simple cociente  $V/A$ , 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 émbolo 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 diámetros de tubo y su longitud para obtener 15 cc volumen de grasa. El émbolo puede ser de caucho o de corcho y debe calzar exactamente en el diámetro del tubo para aplicar la grasa sin que queden sobrantes en las paredes internas.
- e. 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 e textura. Las líneas de cinta adhesiva (masking tape) se encuentran separadas 10 cm. La grasa se expelle del tubo con el émbolo y se esparce en medio de las líneas de cinta adhesiva, haciéndola penetrar en los valles de la textura con una espátula de hule teniendo 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.

## 10.12 Cálculo.


 GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-006
	ASUNTO:	Guía para la certificación de aeródromos
	PAGINA	12 de 27
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

Se utilizarán las siguientes ecuaciones para calcular la profundidad promedio de la textura de la superficie de pavimento:

$$\text{Profundidad de la textura} = \frac{\text{Volumen de grasa}}{\text{Area cubierta con la grasa.}}$$

$$\text{Profundidad promedio de la textura} = \frac{\text{Sumatoria de las pruebas individuales}}{\text{Número total de pruebas}}$$

*\*Nota: los resultados serán en las unidades utilizadas (cm, mm, pulgadas)*

 AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-006
	ASUNTO:	Guía para la certificación de aeródromos
	PAGINA	13 de 27
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

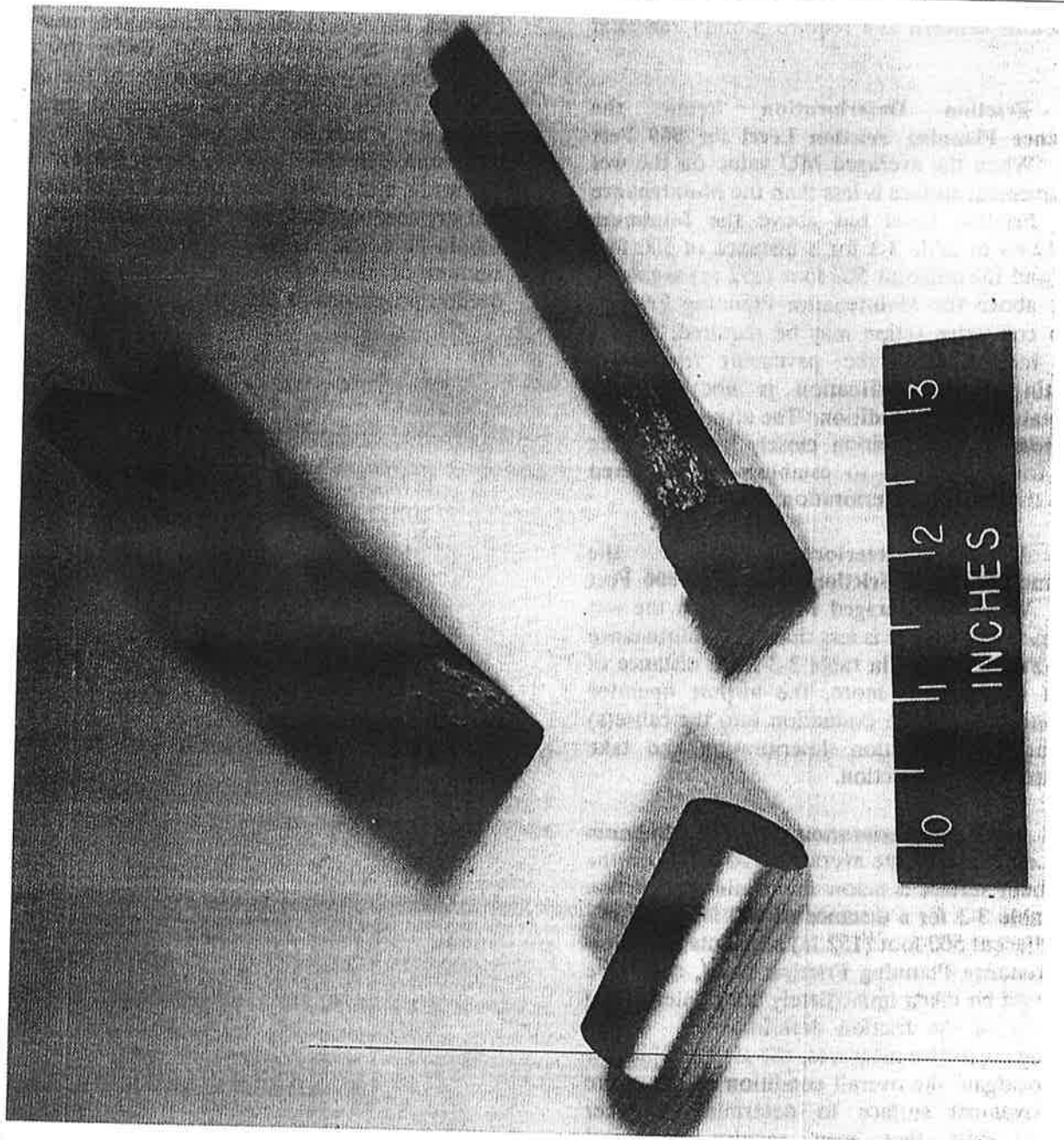

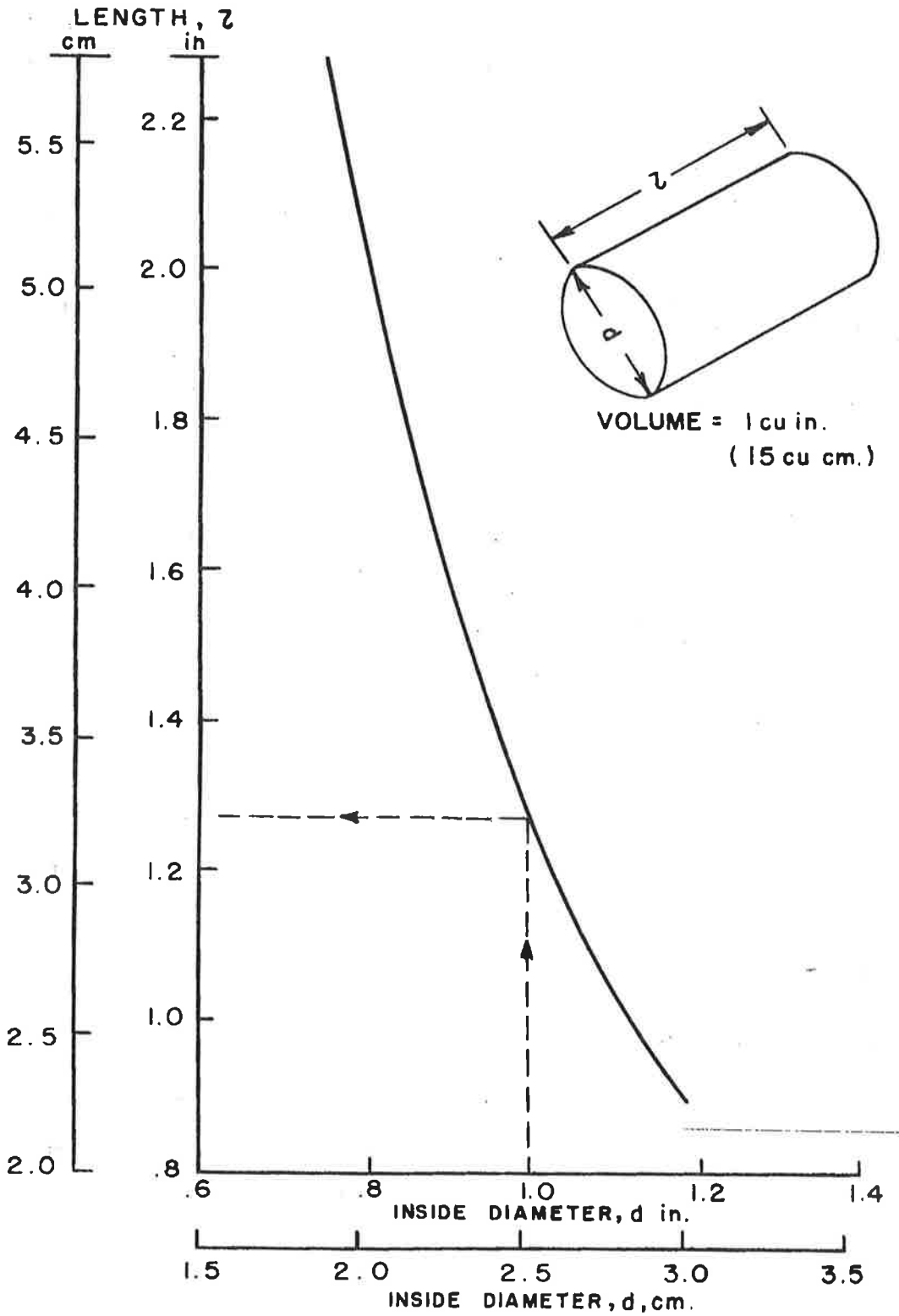


Fig. 10-1 Tubo de medición, émbolo y esparcidor.

 AGENCIA HONDUREÑA DE AERONÁUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-006
	ASUNTO:	Guía para la certificación de aeródromos
	PAGINA	14 de 27
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016




 GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS	CODIGO: SDT-CVA-CIR-006
	ASUNTO: Guía para la certificación de aeródromos
	PAGINA: 15 de 27
	EDICION/REVISIÓN: Original
	FECHA DE VIGENCIA: Febrero/2016

Fig.10-2 Relaciones entre longitud y diámetro interno del tubo

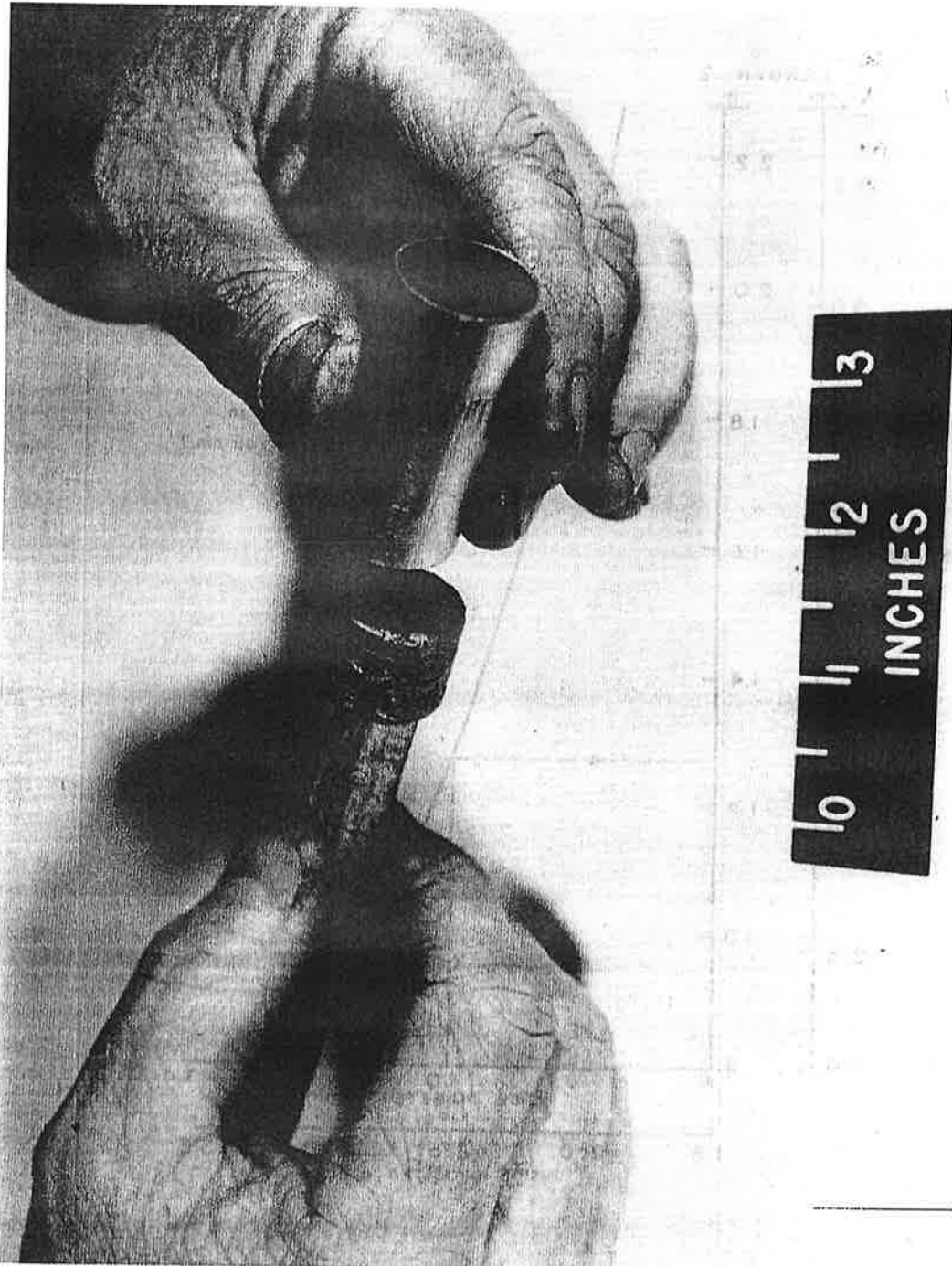



Fig.10-3 Tubo de medición lleno con grasa.

 AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-006
	ASUNTO:	Guía para la certificación de aeródromos
	PAGINA	16 de 27
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

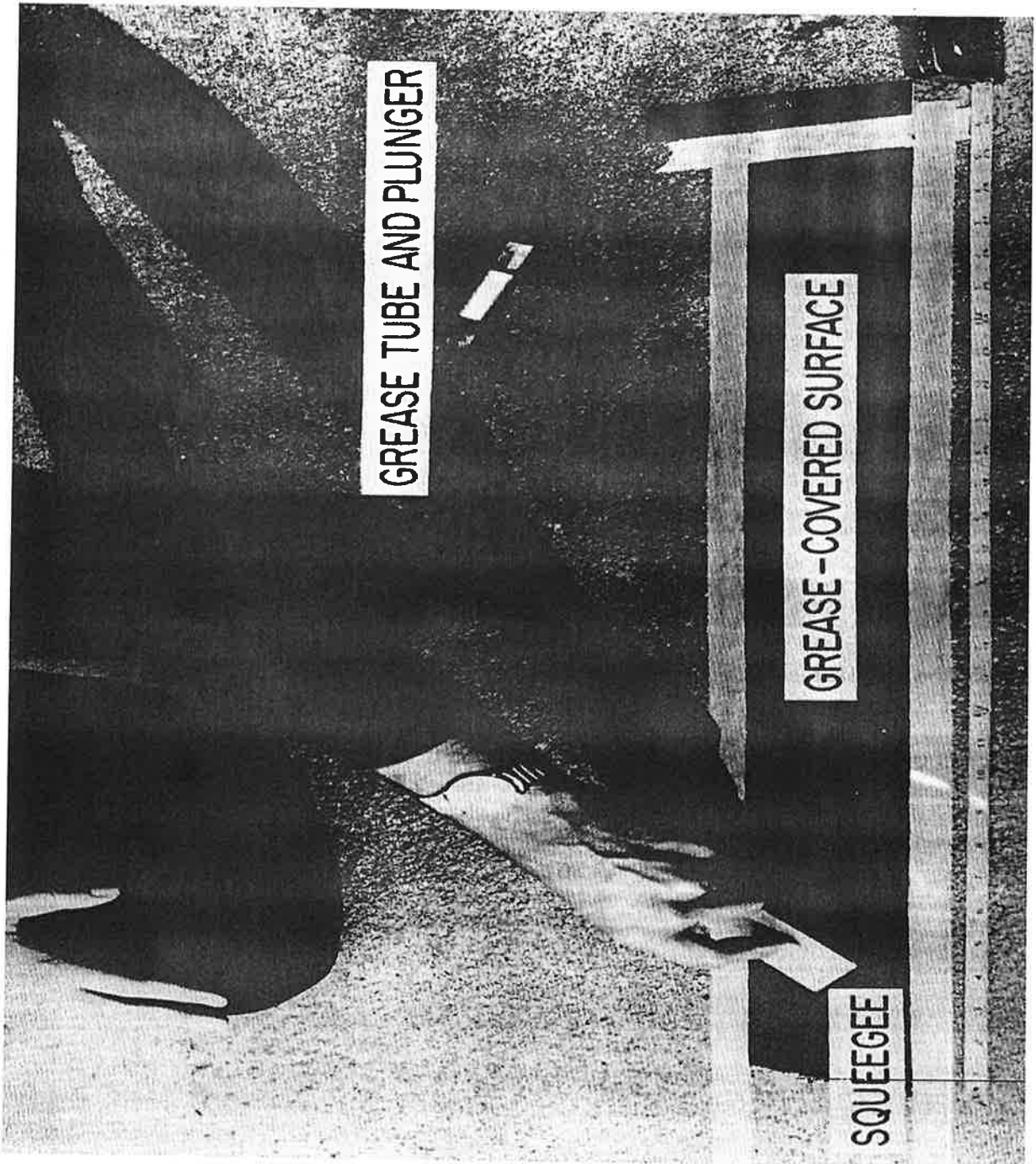



Fig. 10-4 Ilustración de la técnica para esparcir la grasa en un área utilizando cinta adhesiva para cuadrar un área. Primero se colocan 3 lados y se esparce la grasa, el cuarto lado se pone de último.

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-006
	ASUNTO:	Guía para la certificación de aeródromos
	PAGINA	18 de 27
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

Número de aterrizajes diarios mínimos de aeronaves turbojet por lado de pista	Frecuencia sugerida de limpieza de la superficie
Menos de 15	2 años
16 a 30	1 año
31 a 90	6 meses
91 a 150	4 meses
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)*


## Sección 2. Métodos para Remover Contaminantes.

### 11.2 Técnicas recomendadas para la Remoción de Contaminantes

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 de los aeródromos debería efectuar nuevas pruebas de fricción para asegurar que los valores  $\mu$  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 anegada o con depósitos de barro. El resultado final de la limpieza dependerá en gran medida de la pericia del personal que ejecute el procedimiento. Los resultados pueden variar desde que si el personal no es competente 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.

 GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-006
	ASUNTO:	Guía para la certificación de aeródromos
	PAGINA	19 de 27
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

- a. **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 las 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 superficies pulidas. Las presiones que se utilizan varían de un equipo a otro e incluso depende del equipo que utilice el contratista, no obstante la presión utilizada 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 sus referencias.
- b. **Remoción química.** Se han utilizado exitosamente solventes químicos tanto en pistas 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 cresílico y una mezcla de benceno, además de un detergente sintético como agente humectante. Para remoción de hule en pavimentos de asfalto se utilizan más los solventes alcalinos. Estos químicos tienen propiedades volátiles y tóxicas por lo 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 metasilicatos y jabón de resinas pueden utilizarse efectivamente para remover combustibles, aceites, grasa en pavimentos rígidos. En pavimentos flexibles se utiliza efectivamente el aserrín o la arena combinados con desengrasantes alcalinos.
- c. **Remoción por impacto a alta velocidad.** Esta técnica utiliza el principio de disparo de partículas abrasivas a muy alta velocidad sobre la superficie de pavimento 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 aspas 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.
- d. **Remoción Mecánica.** Esta técnica utiliza la abrasión mecánica para remover depósitos muy densos de hule tanto en pavimentos rígidos como en pavimentos flexibles. También se utiliza cuando la pista tiene protuberancias o cuando las juntas entre losas se ha levantado. Este método mejora sustancialmente las características de rozamiento de los pavimentos. Esta técnica remueve entre 3 y 5 mm de espesor en la superficie.


 GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-006
	ASUNTO:	Guía para la certificación de aeródromos
	PAGINA	20 de 27
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

## APENDICE 1. Especificaciones de Desempeño del CFME

**1. Estándar 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 Prueba de la norma ASTM E 670.

**a. El equipo de medición de fricción deberá tener las siguientes características:**


- 1) Proveer una medida de fricción, rápida, continua, precisa y confiable en el largo total de la pista menos las diferencias requeridas para aceleración y desaceleración del vehículo en los extremos de la pista.
- 2) Tener un diseño robusto para funcional apropiadamente y poseer un método eficiente y confiable de calibración.
- 3) 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.
- 4) Deberá ser capaz de producir un trazo de medidas de fricción relativas a la longitud del pavimento a una escala de al menos 25 mm = 150 m.
- 5) 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 deberá tener un nivel de confianza del 95,5% o dos desviaciones estándar de  $\pm 0.06$  valores Mu.
- 6) Deberá contener un sistema humedecedor de pavimento que distribuya una capa de agua de 1 mm de profundidad al frente de las ruedas de medición de fricción. El fabricante deberá proveer la documentación que muestre que el flujo de agua se encuentra dentro de una tolerancia de  $\pm 10\%$  para ambas velocidades de medición.
- 7) Deberá ser capaz de efectuar pruebas a las velocidades de 65 y 95 Kph con una tolerancia de  $\pm 5$  Kph.
- 8) Incluir los manuales de mantenimiento y operación incluyendo material de guía y entrenamiento para los operadores.

 GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-006
	ASUNTO:	Guía para la certificación de aeródromos
	PAGINA	21 de 27
	EDICION/REVISION:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

- 9) Deberá disponer de instrumentación electrónica (electrónica de estado sólido) incluyendo una teclado de entrada de datos, que mejorarán la recogida de información y capacidad de análisis de los equipos, además de proporcionar al operador más comodidad 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 los cálculos de los valores promedio de fricción en la longitud total o parcial de la medición. Cada una de las impresiones que brinde el equipo deberá incluir la siguiente información: Número Designador de pista y 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 impresas señalando cada incremento de 30 m de la longitud de pista como referencias para identificar áreas específicas en la superficie de pavimento de la 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.

#### b. Características del Vehículo

- 1) Ser capaz de efectuar pruebas de fricción a 65 y 95 Kph con una tolerancia de  $\pm 5$  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.
- 2) Estar equipado con control de velocidad electrónico.
- 3) Contar con las características de pintura, señalización e implementos de iluminación para operar en el lado aéreo de los aeródromos.
- 4) Disponer de radio de comunicación para la comunicación con Operaciones Aeroportuarias y con la Torre de Control.
- 5) Estar equipado con un tanque de agua de construcción liviana con capacidad suficiente para completar mediciones en una longitud de 4,300 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.
- 6) Estar equipado con una suspensión de trabajo pesado adecuada para soportar las cargas impuestas por la prueba.
- 7) Disponer de un sistema que regule el flujo de agua desde la posición del conductor del vehículo salvo si el sistema de regulación es automático.
- 8) Estar equipado con focos controlados internamente a cada lado del vehículo. Para equipos de remolque, este último deberá estar equipado con al menos

	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-006
	ASUNTO:	Guía para la certificación de aeródromos
	PAGINA	24 de 27
	EDICION/REVISIÓN:	Original
	FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

### APENDICE 3. Generalidades de Entrenamiento

1. **General.** El siguiente plan ilustra los puntos principales de deben ser considerados 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 entonamiento. El fabricante deberá proporcional al comprador un documento que indique el entrenamiento para el uso y mantenimiento del equipo.

#### 2. Generalidades del Entrenamiento Requerido.


##### a. Instrucción teórica:

- i. Propósito del entrenamiento
- ii. Discusión general del RAC 14 (Anexo14 de OACI).
- iii. Discusión general sobre esta CA y material relacionado
- iv. Discusión General sobre las Normas Estándar ASTM involucradas.
- v. Generalidades del Programa.
- vi. Revisión de los requerimientos de esta CA

1. Definición del coeficiente de fricción
2. Factores que afectan las condiciones de fricción
3. Normas ASTM para los CFME
4. Normas ASTM para las ruedas de medición
5. Operación del CFME
6. Mantenimiento del CFME
7. Procedimientos para reportar los valores de fricción
8. Preparación y publicación de NOTAMs

##### vii. Orientación sobre la calibración, operación y mantenimiento del CFME

1. **Experiencia de campo.** Operación y mantenimiento del CFME
2. **Evaluación.** Examen individual de todos los temas tratados
3. **Entrega de Certificados.**

 GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS	***** AGENCIA HONDUREÑA DE AERONAUTICA CIVIL	CODIGO:	SDT-CVA-CIR-006
		ASUNTO:	Guía para la certificación de aeródromos
		PAGINA	25 de 27
		EDICION/REVISIÓN:	Original
		FECHA DE VIGENCIA	Febrero/2016

**COMENTARIOS:**

Comentarios acerca de esta Circular de Asesoramiento favor enviarlos al Departamento de Certificación y Vigilancia de Aeródromos de la Agencia Hondureña de Aeronáutica Civil, Tegucigalpa.



*[Handwritten Signature]*  
**Cnel. José Israel Navarro**

**Director General**

**AGENCIA HONDUREÑA DE AERONÁUTICA CIVIL**