

Norma IRAM-FA L 13 492

Abril de 1982

CDU 62-597.2:620.16

Queda hecho el depósito que marca la ley 11723-Prohibida la reproducción IRAM, Instituto Argentino De Racionalización De Materiales-Chile 1192-Bs.As.-Rep.Arg.

ZAPATAS DE COMPOSICIÓN PARA USO FERROVIARIO Métodos de ensayo dinámico



Instituto Argentino de Racionalización de Materiales

FA
Ferrocarriles Argentinos

* Corresponde a la Clasificación Federal de Abastecimiento asignada por el Servicio Nacional de Catalogación dependiente del Ministerio de Defensa.



El estudio de esta norma ha estado a cargo de los organismos respectivos, integrados en la forma siguiente:

Comisión de Zapatas para uso ferroviario - Subcomisión de Ensayos Dinámicos

Integrante	Representa a:
Dr. V. Alderuccio	FERROCARRILES ARGENTINOS
Prof. J. Ameghino	SIDEREA S.A.
Sr. E. Cordes	PUJATO Y LARI S.A.C.I.
Ing. H. Cristobal	FERROCARRILES ARGENTINOS
Ing. D. Feliú-Badalo	SIDEREA S.A.
Ing. A. M. Ghibaudi	SIDEREA S.A.
Ing. A. Pereiro	FERROCARRILES ARGENTINOS
Ing. E. Rodríguez	SUBTERRÁNEOS DE BUENOS AIRES
Ing. R. Barbosa	IRAM
Ing. R. Raimondi	IRAM
Ing. L. Zorrilla	IRAM

Comité General de Normas (C.G.N.)

Dr. L. G. Casanovas	Ing. S. Mardyks
Dr. E. Catalano	Dr. E. Miró
Ing. D. L. Donegani	Dr. A. F. Otamendi
Dr. A. Grosso	Ing. G. Schulte
Dr. R. L. Huste	Sr. R. Soldi
Ing. A. Klein	Ing. M. Wainsztein
Dr. A. E. Lagos	Prof. M. Mestanza

Antecedentes

En el estudio de esta norma se ha tenido en cuenta el antecedente siguiente:

F.A. - FERROCARRILES ARGENTINOS

Especificación F.A. 8.021 - Zapatas de composición (Octubre de 1972).

Informe técnico

El presente documento tiene por finalidad establecer en forma pormenorizada los métodos de ensayo dinámico para la aprobación de las zapatas de composición. El documento utilizado como antecedente fue modificado y ampliado sobre la base de los aportes de la experiencia de F.A. y de los fabricantes de zapatas. Dichas modificaciones y ampliaciones consisten, fundamentalmente, en detallar el procedimiento para determinar el coeficiente de fricción y desgaste de la zapata, que prevé su determinación con un solo programa de ensayos y no dos programas como establece el antecedente, dándose además directivas precisas para la preparación de la zapata sometida a ensayo y especificando la forma de obtener valores, ya sea por el cálculo o con ayuda de diagramas, completándose con las observaciones subjetivas por realizar luego del ensayo. En cuanto al ensayo para determinar el desgaste de zapata y rueda, se eliminaron determinaciones que no inciden en la evaluación del comportamiento de la zapata.

Por último, se confeccionaron las tablas para valorar los resultados obtenidos durante los ensayos, con el objeto de resumir la información necesaria para evaluar el comportamiento de la zapata y permitir la comparación de valores obtenidos en distintos ensayos.

Zapatas de Composición para uso ferroviario

Métodos de ensayo dinámico

CDU 62-597.2:620.16

FE DE ERRATAS

En la norma del epígrafe, en la página 10, deben salvarse los errores siguientes:

Párrafo 6.1.2 Donde dice "2 000 daN" debe leerse "200 daN".

Párrafo 6.2.2 Donde dice "1 000 daN" debe leerse "100 daN".

0. Normas por consultar

IRAM-FA	TEMA
L 13 486	Extracción de probetas
L 13 488	Determinación de la densidad
IRAM	
9.111	Termómetros ambientales

1. Objeto

1.1 Establecer los métodos de ensayo dinámico de las zapatas de composición para uso ferroviario para determinar el coeficiente de fricción y desgaste en la zapata y del desgaste de zapata y rueda.

2. Resumen

2.1 Determinación del coeficiente de fricción y desgaste de la zapata. Consiste en someter a la zapata en estudio, a un programa de ensayos bajo distintas condiciones de frenado y velocidades, para determinar los valores y características indicadas en 5.3 y 5.4.

2.2 Determinación del desgaste de zapata y rueda. Consiste en someter a una probeta del material de la zapata, a un programa de ensayos que implica: número de frenadas, velocidad de aplicación del freno y fuerza sobre la zapata, para determinar el desgaste de zapata y rueda, por diferencia de masa.

3. Aparatos

3.1 Coeficiente de fricción y desgaste de las zapatas.



3.1.1 Se utiliza en este ensayo un dinamómetro cuyo momento de inercia total debe ser, como mínimo, de 120 daN m s², que permita la aplicación de una o dos zapatas por rueda y dotado de elementos y accesorios para determinar:

- a) velocidad de la rueda y fuerza sobre la zapata;
- b) tiempo y distancia de frenado hasta la detención;
- c) momento torsor;
- d) temperatura de rueda y zapata;
- e) que permita graficar, por lo menos, el coeficiente de fricción en función de la velocidad.

Además debe disponerse de una balanza de 10 kg que permita leer el 0,1 g, termómetro común del tipo especificado en la norma IRAM 9111, cinta métrica, calibrador de colisa y termocuplas.

3.1.2 La rueda del dinamómetro debe ser enteriza, de acero forjado o laminado, con un contenido de carbono comprendido entre 0,45% y 0,75%.

3.2 **Desgaste de zapata y rueda.** Se utiliza en este ensayo un dinamómetro cuyo momento de inercia total debe ser, como mínimo, de 0,35 daN m s², que permita aplicar dos probetas sobre la rueda y dotado de elementos y accesorios para determinar:

- a) velocidad de la rueda;
- b) fuerza sobre la probeta;
- c) temperatura de rueda y probeta;
- d) número de aplicaciones del freno para cumplir con el programa de ensayo previsto en esta norma.

Además debe contarse con una balanza analítica, una balanza de 10 kg que permita leer el 0,1 g, calibrador micrométrico que permita leer el 0,01 mm y un indicador de reloj que permita leer el 0,01 mm.

4. Elementos por ensayar

4.1. **Determinación del coeficiente de fricción y desgaste de la zapata.** Zapata de composición al estado de suministro.

4.2 **Determinación del desgaste de zapata y rueda.** Probeta de la forma y medidas, que establece la norma IRAM-FA L 13 486.

5. Determinación del coeficiente de fricción y desgaste de la zapata.

5.1 Condiciones de ensayo

5.1.1 *Zapatas de composición de bajo coeficiente de fricción.* El ensayo se realiza actuando dos zapatas de freno sobre la rueda.

5.1.2 *Zapatas de composición de alto coeficiente de fricción.* El ensayo se realiza actuando una zapata de freno sobre la rueda.

5.1.3 *Preparación de la rueda.* Se pule la rueda y se inserta en la misma la termocupla en un orificio practicado de modo que ésta quede alojada, aproximadamente, a 10 mm de profundidad y en el centro de la banda de rodamiento de la rueda.

5.1.4 *Hermanado*

5.1.4.1 *Zapatras de bajo coeficiente de fricción.* Se realiza aplicando el freno a una velocidad de aproximadamente 65 km/h con una fuerza de 3000 daN por cada zapata; la temperatura de la rueda antes de cada aplicación debe ser mayor que 80 °C. Se repite esta operación tantas veces como sea necesario hasta lograr que la superficie de fricción sea del 80%, pudiéndose facilitar el hermanado por desbaste manual cada tres frenadas.

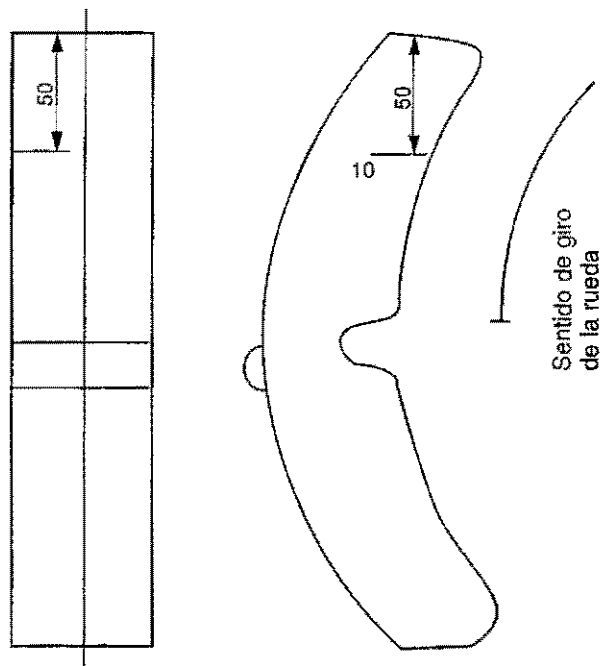


Figura 1

5.1.4.2 *Zapatras de alto coeficiente de fricción.* Se realiza en la forma descrita en 5.1.4.1, variando solamente la fuerza que actúa sobre la zapata a un valor de 3500 daN.

5.1.5 *Preparación de la zapata.* Luego de realizar el hermanado se coloca la termocupla en un orificio practicado de modo que ésta quede alojada, aproximadamente, a 10 mm de profundidad de la superficie de contacto entre zapata y rueda y a 50 mm, aproximadamente, del borde de ataque de la zapata, como muestra la figura 1.

5.1.6 *Pesada de la zapata.* Las zapatas se pesan antes y después de finalizado el ensayo, sin la termocupla, en la balanza con capacidad de 10 kg, registrándose:

- w_{1D} la masa de la zapata derecha antes del ensayo, en gramos;
- w_{1I} la masa de la zapata izquierda antes del ensayo, en gramos;
- w_{2D} la masa de la zapata derecha después del ensayo, en gramos;
- w_{2I} la masa de la zapata izquierda después del ensayo, en gramos;



5.2 **Ensayo.** Las zapatas se ensayan según el programa y condiciones establecidas en la Tabla I.

5.3 Valores por determinar

5.3.1 Durante la realización del ensayo se determinan por medición directa, con ayuda de diagramas o por cálculo, los valores siguientes:

- a) la carga equivalente sobre la rueda (F_r);
- b) la velocidad de rotación de la rueda en el instante de aplicación del freno (V_0);
- c) la fuerza neta sobre la zapata (F);
- d) el esfuerzo de frenado sobre la rueda (F_t) o momento tursor de frenado (M_t);
- e) el tiempo de frenado (t);
- f) la distancia de frenado (L);
- g) la temperatura de rueda y zapata (Θ_r , Θ_z);
- h) la desaceleración promedio (a);
- i) el coeficiente instantáneo de fricción (f);
- j) el coeficiente medio de fricción (\bar{f});
- k) el desgaste de la zapata (D).

5.3.2 Cálculos

5.3.2.1 Coeficiente instantáneo de fricción (f).

5.3.2.1.1 Se calcula mediante la expresión siguiente:

$$f = \frac{F_t}{F} \quad \text{ó} \quad f = \frac{M_t}{F \cdot r}$$

siendo:

- F** la fuerza neta sobre la zapata, en decanewton;
- F_t** el esfuerzo de frenado sobre la rueda, en decanewton;
- M_t** el momento tursor de frenado, en decanewton por metro;
- r** el radio de la rueda, en metros.

5.3.2.1.2 Se graficará en cada frenada el coeficiente instantáneo de fricción en función de la velocidad. Con los valores obtenidos se calcula el promedio para cada velocidad y su resumen se adjunta en la tabla III.

5.3.2.2 Coeficiente medio de fricción (\bar{f}). Se calcula mediante la expresión siguiente:

$$\bar{f} = \frac{l \times V_0}{3,6 \cdot r^2 \cdot t \cdot F}$$

siendo:

- I el momento de inercia, en decanewton por metro por segundo cuadrado;
- r el radio de la rueda, en metros;
- V_0 la velocidad de la rueda en el instante de aplicación del freno, en kilómetros por hora;
- t el tiempo de frenado, en segundos;
- F la fuerza neta sobre la zapata, en decanewton.

5.3.2.3 Desgaste de la zapata

5.3.2.3.1 Determinación de la pérdida de masa total de la zapata (W_t). Con los valores obtenidos, según 5.1.6, se calcula la pérdida de masa de las zapatas en la forma siguiente:

$$\begin{aligned} W_{3I} &= W_{1I} - W_{2I} \\ W_{3D} &= W_{1D} - W_{2D} \\ W_t &= W_{3I} + W_{3D} \end{aligned}$$

siendo:

- W_{3I} la pérdida de masa de la zapata izquierda, en gramos;
- W_{3D} la pérdida de masa de la zapata derecha, en gramos.

5.3.2.3.2 Cálculo del desgaste. El desgaste de las zapatas se calcula mediante la expresión siguiente:

$$D = \frac{W_t \cdot 10^4}{p \cdot A \cdot n}$$

siendo:

- W_t la pérdida de masa total de las zapatas, en gramos;
- p la densidad de la zapata, en gramos por centímetro cúbico, determinada de acuerdo con la norma IRAM-FA L 13 488;
- A la proyección del área de la zapata sobre un plano horizontal a 10 mm del respaldo, en centímetros cuadrados;
- n para zapata de bajo coeficiente de fricción igual a 2;
para zapata de alto coeficiente de fricción igual a 1.

5.4 Observaciones subjetivas

5.4.1 Durante el ensayo se observará si se produce desprendimiento de olor, humo, formación de chispas, ruido y banda roja.

5.4.2 Al finalizar el ensayo se observa el estado de la superficie de fricción de la zapata y la rueda para verificar si aparecieron defectos tales como:

- a) zapata: fisuras, inclusiones metálicas, desprendimiento, exfoliaciones, película carbonizada;
- b) rueda: fisuras, rayaduras, marcas térmicas, color.



Tabla I
Programa de ensayo y condición de frenado para determinar
el coeficiente de fricción y desgaste de la zapata

Frenada Nº	Velocidad en el instante de aplicación del freno v_0 (km/h)	Fuerza actuante sobre la zapata F (daN)	
		Baja fricción	Alta fricción
1	65	2000 x 2	1500 x 1
2	95	3000 x 2	3500 x 1
3	35	2000 x 2	1500 x 1
4	95	2000 x 2	1500 x 1
5	65	2000 x 2	1500 x 1
6	35	3000 x 2	3500 x 1
7	95	2000 x 2	1500 x 1
8	95	2000 x 2	1500 x 1
9	35	2000 x 2	1500 x 1
10	95	3000 x 2	3500 x 1
11	65	2000 x 2	1500 x 1
12	95	3000 x 2	3500 x 1
13	65	2000 x 2	1500 x 1
14	95	2000 x 2	1500 x 1
15	65	3000 x 2	3500 x 1
16	35	2000 x 2	1500 x 1
17	95	3000 x 2	3500 x 1
18	35	2000 x 2	1500 x 1
19	65	2000 x 2	1500 x 1



5.5 **Informe de resultados.** Los resultados obtenidos y observados durante la realización del ensayo se registran según las tablas II y III.

6. Determinación del desgaste de zapata y rueda

6.1 Condiciones de ensayo

6.1.1 *Probetas.* El ensayo se realiza sobre las probetas para ensayos dinámicos indicadas en la norma IRAM-FA L 13 486.

6.1.2 *Hermanado.* Se realiza aplicando el freno a una velocidad de 50 km/h con una fuerza de 2.000 daN sobre cada probeta. La temperatura de la rueda, antes de cada aplicación, debe ser menor o igual que 80 °C. Se repite esta operación tantas veces como sea necesario hasta lograr que la superficie de fricción sea del 75%, pudiéndose facilitar el hermanado por desbaste manual.

6.2 Ensayo

6.2.1 Al comenzar el ensayo se pesan las probetas y la rueda y se mide el diámetro exterior de la última con un calibrador micrométrico, registrándose:

- W_{1I} la masa de la probeta izquierda antes del ensayo, en gramos;
- W_{1D} la masa de la probeta derecha antes del ensayo, en gramos;
- W_{1R} la masa de la rueda antes del ensayo, en gramos;
- d_1 el diámetro inicial de la rueda, en milímetros;

6.2.2 El ensayo se realiza aplicando el freno a una velocidad de 35 km/h, con una fuerza de 1000 daN sobre cada probeta. La temperatura de la rueda, antes de cada aplicación, debe ser menor o igual que 140 °C. Se repite esta operación hasta completar 2000 frenadas.

6.2.2.1 El ciclo de frenado debe ser, en total, de 60 s y se conforma de la forma siguiente:

- a) aceleración: 20 s;
- b) tiempo de aplicación del freno: 10 s;
- c) enfriamiento: 30 s.

6.2.3 Se pesan las probetas y se registra:

- W_{2I} la masa de la probeta izquierda después del ensayo, en gramos;
- W_{2D} la masa de la probeta derecha después del ensayo, en gramos.

6.2.4 Se rectifica la superficie de fricción de la rueda hasta la desaparición de las anomalías que hubieran aparecido en el ensayo. En esta operación el error de concentricidad del diámetro exterior no debe ser mayor que 0,02 mm L.T.I. (lectura total del indicador) y la oscilación en el diámetro exterior no debe ser mayor que 0,02 mm L.T.I.



6.2.5 Se pesa la rueda y se mide el diámetro final, obteniéndose:

W_{2R} la masa de la rueda después de rectificada, en gramos;
 d_2 el diámetro de la rueda después de rectificada, en milímetros.

6.3 Cálculo del desgaste de zapata y rueda

6.3.1 *Desgaste de la zapata en gramos.* Se calcula mediante las expresiones:

$$\begin{aligned} W_{3I} &= m_{1I} - W_{2I} \\ W_{3D} &= m_{1D} - W_{2D} \\ W_T &= m_{3I} + W_{3D} \end{aligned}$$

6.3.2 *Desgaste de la probeta expresado en espesor consumido por frenada.* Se calcula mediante la expresión:

$$D = \frac{W_T \cdot 10^5}{p \cdot 2 \cdot A \cdot N}$$

siendo:

D el desgaste expresado en milímetros. 10^{-4} por frenada;
 p la densidad del material de la probeta, en gramos por centímetro cúbico, determinada de acuerdo con la norma IRAM-FA L 13 488;
 A la superficie promedio de contacto, en centímetros cuadrados = $14,5 \text{ cm}^2$;
 N el número de frenadas = 2000.

6.3.3 *Desgaste total de la rueda en gramos.* Se calcula mediante la expresión:

$$W_{TR} = W_{1R} - W_{2R}$$

6.3.4 *Desgaste total de la rueda expresado en espesor consumido por frenada.* Se calcula mediante la expresión

$$D_{TR} = \frac{W_{TR} \cdot 106}{p \cdot A \cdot N}$$

siendo:

p la densidad de la rueda = $7,8 \text{ g/cm}^3$
 A la superficie de la banda: $\pi \cdot d_1 \cdot b$;
 d_1 el diámetro de la rueda, en centímetros;
 b el ancho de la banda: 3 cm;
 N el número de frenadas: 2000.

6.4 Informe de resultados

Los resultados obtenidos y observados durante la realización del ensayo se registran según la tabla IV.

TABLA II

ENSAYO DINAMICO										DINAMOMETRO DE 120 daN m s ² (mínimo)										PLANILLA DE INFORMES DE RESULTADOS									
FABRICANTE		FUERZA NETA (F)		AREA DE CDNTACTD		MASA DE ZAPATA		TEMPERATURA AMBIENTE		INSPECTOR				OPERADOR															
		Servicio	Emergencia	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Inicial	Final	Nombre				Nombre															
		daN	daN	%	%			g	g	Firma				Firma															
		S	E			w1																							
						w2																							
						w3																							
Frenado	Vo		t	L		a		F			TEMPERATURA ENSAYO				OBSERVACIONES														
Nº	rpm	km/h	s	REV	m	$\frac{km}{h \cdot s}$	% g	S ó E	Coefficiente promedio \bar{f}	Banda Roja	Chispa	Polvo	Chirrido	Olor		RUEDA		ZAPATA											
																Antes	Después	Antes	Después										
																°C	°C	°C	°C										
SUPERFICIE DE LA ZAPATA										SUPERFICIE DE LA RUEDA																			
		Fisuras				Desprendimientos			Inclusión metálica			Película carbonizada			Rugosidad	Pullmentos	DTROS RESULTADOS	COLORES DE LA RUEDA					Fisuras	Micro-fisuras	Raya-duras	PUNTOS CALIENTES			DTROS RESULTADOS
		A	B	C	D	A	B	C	A	B	C	A	B	C				Marrón	Negro	Blanco	Púrpura	Azul				A	B	C	
Antes																													
Después																													



Tabla III

Ensayo dinámico dinamómetro de 120 daN m s ² (mínimo) Coeficiente instantáneo de fricción - Desgaste de zapata (Resumen)				
FABRICANTE	NORMA	Nº DE ZAPATA	FECHA	INSPECTOR NOMBRE FIRMA
Gráficos (ver 5.3.2.1.1/2)	Frenadas de Servicio f ₀ f 35 km/h f 65 km/h f 95 km/h			
	Frenadas de emergencia f ₀ f 35 km/h f 65 km/h f 95 km/h			
Desgaste de zapata D:			g mm . 10 ⁻³	
Observaciones				



Tabla IV

Ensayo Dinámico Dinamómetro de 0,35 daN m s ² (mínimo)														
Desgaste de rueda y zapata			Planilla de resultados											
FABRICANTE	NORMA	Nº de probeta		FECHA	INSPECTOR NOMBRE FIRMA									
		izquierda	derecha											
Nº de frenadas														
Valores medidos y calculados														
Probeta			Rueda											
Masa en gramos <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Izquierda</th> <th>Derecha</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Inicial</td> <td>W_{1I}:</td> <td>W_{1D}:</td> </tr> <tr> <td>Final</td> <td>W_{2I}:</td> <td>W_{2D}:</td> </tr> </tbody> </table>				Izquierda	Derecha	Inicial	W _{1I} :	W _{1D} :	Final	W _{2I} :	W _{2D} :	Número Diámetro en milímetros Inicial: d ₁ Final: d ₂		
	Izquierda	Derecha												
Inicial	W _{1I} :	W _{1D} :												
Final	W _{2I} :	W _{2D} :												
Desgaste en gramos <table border="1"> <thead> <tr> <th>Izquierda</th> <th>W_{3I}:</th> </tr> <tr> <th>Derecha</th> <th>W_{3D}:</th> </tr> </thead> </table>			Izquierda	W _{3I} :	Derecha	W _{3D} :	Masa en gramos Inicial: W _{1R} Final: W _{2R}							
Izquierda	W _{3I} :													
Derecha	W _{3D} :													
Desgaste total en gramos W _T :			Desgaste total en gramos W _{TR} :											
Desgaste de la probeta en espesor consumido por frenada D: mm . 10 ⁻⁴ /frenada			Desgaste total de la rueda expresado en espesor consumido por frenada D _{TR} mm . 10 ⁻⁴ /frenada											
Superficie de la probeta Exfoliaciones: Fisuras: Film carbonizado: Inclusiones metálicas:			Superficie de la rueda Color: Hendiduras: Rayaduras: Marcas térmicas:											