



**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EN EL ÁMBITO DEL RGNBSM, ACTUALMENTE EN VIGOR
(Abril 2020)**

Nº ET	TITULO	APROBADO POR:	ESTADO
ET 0005-1-85	Cables planos para instalaciones de extracción en minería	Orden de 3 de febrero de 1986 (aprobación de la ITC 12.0.02) <i>(en Orden solo referencia)</i>	Vigente
ET 0380-1-85	Control de vibraciones producidas por voladuras	Orden de 3 de febrero de 1986 (aprobación de la ITC 12.0.02) <i>(en Orden solo referencia)</i>	Vigente
ET 1005-1-87	Bloqueadores de conexión en casos de fallos de aislamiento previos a la puesta en tensión	Orden de 22 de marzo de 1988 (actualización de la ITC 12.0.02) <i>(en Orden solo referencia)</i>	Vigente
ET 2000-1-08	Formación preventiva para el desempeño del puesto de operador de maquinaria de transporte, camión y volquete, en actividades extractivas de exterior.	Resolución de 9 de junio de 2008 (BOE núm 148 de 19 de junio de 2008)	Vigente
ET 2001-1-08	Formación preventiva para el desempeño del puesto de operador de maquinaria de arranque/carga/viales, pala cargadora y excavadora hidráulica de cadenas, en actividades de exterior.	Resolución de 9 de junio de 2008 (BOE núm 163 de 7 de julio de 2008)	Vigente
ET 2002-1-08	Formación preventiva para el desempeño de los puestos de operador de arranque/carga y operador de perforación/voladura; picador, barrenista y ayudante minero, en actividades extractivas de interior	Resolución de 7 de octubre de 2008 (BOE núm 259 de 27 de octubre de 2008)	Vigente
ET 2003-1-10	Formación preventiva para el desempeño de los puestos de trabajo encuadrados en los grupos 5.1 letras a), b) ,c) y 5.2 letras a), b), d), f) y h) de la Instrucción Técnica Complementaria 02.1.02 «Formación preventiva para el desempeño del puesto de trabajo», del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.	Resolución de 18 de noviembre de 2010 (BOE núm 296 de 6 de diciembre de 2010)	Vigente



Nº ET	TÍTULO	APROBADO POR:	ESTADO
ET 2004-1-10	Formación preventiva para el desempeño de los puestos de trabajo encuadrados en los grupos 5.4 letras a), b), c), d), e), f), g), h), j), k), l), m), y 5.5 letras a), b) y d) del apartado 5 de la Instrucción Técnica Complementaria 02.1.02 «Formación preventiva para el desempeño del puesto de trabajo», del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.	Resolución de 18 de noviembre de 2010 (BOE núm 296 de 6 de diciembre de 2010)	Vigente
ET 2010-1-01	Inspección de cargadoras sobre ruedas.	Resolución de 18 de noviembre de 2010 (BOE núm 310 de 22 de diciembre de 2010)	Vigente
ET 2001-1-08 (Modificación)	Formación preventiva para el desempeño del puesto de operador de maquinaria de arranque/carga/viales, pala cargadora y excavadora hidráulica de cadenas, en actividades de exterior.	Resolución de 16 de octubre de 2014 (BOE núm 264 de 31 de octubre de 2014)	Vigente
ET 2005-1-11	Cartilla de formación personal del trabajador y Libro de registro de cursos recibidos.	Resolución de 16 de octubre de 2014 (BOE núm 264 de 31 de octubre de 2014)	Vigente
ET 2010-1-01 (Modificación)	Inspección de cargadoras sobre ruedas.	Resolución de 19 de diciembre de 2014 (BOE núm. 6 de 7 de enero de 2015)	Vigente
ET 2011-1-01	Inspección de volquetes de bastidor rígido sobre ruedas	Resolución de 14 de septiembre de 2017 (BOE núm. 234, de 28 de septiembre de 2017)	Vigente
ET 2012-01-17	Inspección de volquetes de bastidor articulado sobre ruedas	Resolución de 14 de septiembre de 2017 (BOE núm. 234, de 28 de septiembre de 2017)	Vigente

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA	Cables planos para instalaciones de extracción de minería	ESPECIFICACION TECNICA 0005-1-85
--	--	---

1. OBJETO

Esta especificación técnica tiene por objeto especificar las características de los cables planos empleados en las instalaciones de extracción de minas, así como establecer las condiciones técnicas de suministro e inspección.

2. CAMPO DE APLICACION

Se aplicará a los cables planos de extracción y de equilibrio.

3. NORMAS DE CONSULTA

- UNE 7.195 Ensayo de doblado alternativo de alambres.
- UNE 7-281 Verificación de la escala de cargas de las máquinas de ensayo de tracción.
- UNE 7.330 Ensayo de torsión simple de alambres de acero.
- UNE 36.007 Condiciones técnicas generales de suministro de productos siderúrgicos.
- UNE 36.401 Ensayos de tracción a temperatura ambiente de productos de acero.
- UNE 36.504 Alambres de acero galvanizados en caliente. Ensayos sobre el recubrimiento.
- UNE 36.701 Definiciones de términos utilizados en la fabricación de cables y alambres de acero.
- UNE 36.703 Designación de los cables de acero.

4. MATERIALES

4.1. Alambres

Los alambres utilizados deberán cumplir lo especificado en la especificación técnica 0000-1-85.

4.2. Componentes textiles y lubricantes

Las almas y los lubricantes cumplirán las condiciones prescritas en las especificaciones técnicas 0001-1-85 y 0002-1-85.

4.3. Construcción del cable

Los cordones y cables se construirán de acuerdo con las prescripciones de la especificación técnica 0000-1-85.

4.3.1. Costura de los cables

La costura debe hacerse de forma que todos los alambres que la componen sean paralelos entre sí y estén situados en un mismo plano. No deben emplearse alambres reunidos en un cordón, ni una única trama gruesa.

4.4. Composiciones normalizadas

4.4.1. Cables de extracción

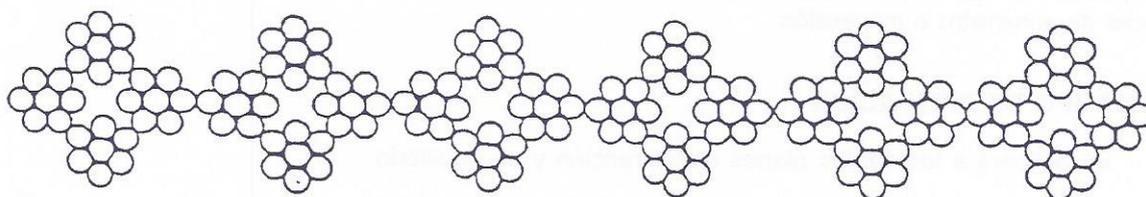


Figura 1. Cable plano 6 (6 x 7 + 1)

TABLA 1
Cable plano 6 (4 x 7 + 1)

1	2	3	4	5			6		
				Carga de rotura mínima. Clase de resistencia			Carga de rotura total nominal. Clase de resistencia		
				(*) A 1570*	(*) A 1770*	A 1960	(*) A 1570*	(*) A 1170*	A 1960
Ancho x espesor (a x e) a ± 5% e ± 10%	Masa aprox.	Diámetro alambre	Sección metálica						
a x e mm	m ± 5% kg/m	d mm	S. mm ²	F ₀ kN			F _b kN		
56 x 11	2,2	1,30	223	315	355	393	350	394	437
60 x 12	2,6	1,40	259	366	413	457	407	459	508
65 x 14	3,0	1,50	297	420	473	524	467	526	582
70 x 15	3,4	1,60	338	478	538	596	531	598	662
78 x 17	4,3	1,80	427	603	680	753	670	756	837
87 x 19	5,3	2,00	528	746	841	931	829	934	1.035
95 x 21	6,4	2,20	638	901	1.016	1.025	1.001	1.129	1.250

* Estas clases de resistencia se consideran preferentes.

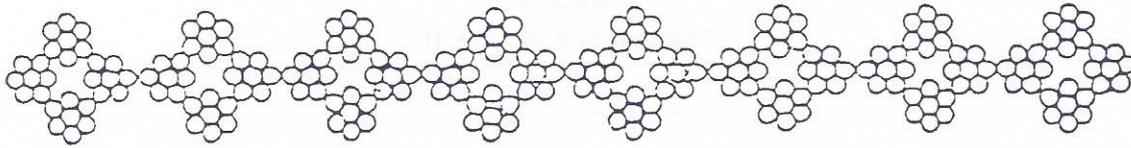


Figura 2. Cable plano 8 (4 × 7 + 1)

TABLA 2
Cable plano 8 (4 × 7 + 1)

1	2	3	4	Carga de rotura mínima. Clase de resistencia			Carga de rotura total nominal. Clase de resistencia		
				(*)		A 1960	(*)		A 1960
				A 1570*	A 1770*		A 1570*	A 1170*	
Ancho × espesor (a × e) a ± 5% e ± 10%	Masa aprox.	Diámetro alambre	Sección metálica						
a × e mm	m ± 5% kg/m	d mm	S. mm ²	F ₀ kN			F _b kN		
70 × 10	2,5	1,20	253	357	403	446	397	448	496
75 × 11	3,0	1,30	298	421	475	526	468	527	584
80 × 12	3,5	1,40	345	487	550	609	542	611	676
86 × 14	4,0	1,50	396	560	631	699	622	701	776
92 × 15	4,5	1,60	450	636	717	794	707	796	882
104 × 17	5,7	1,80	569	804	906	1.004	893	1.007	1.115
116 × 19	7,0	2,00	703	993	1.120	1.240	1.103	1.244	1.378
128 × 21	8,5	2,20	851	1.202	1.356	1.501	1.336	1.506	1.668

4.4.2. Cables de equilibrio

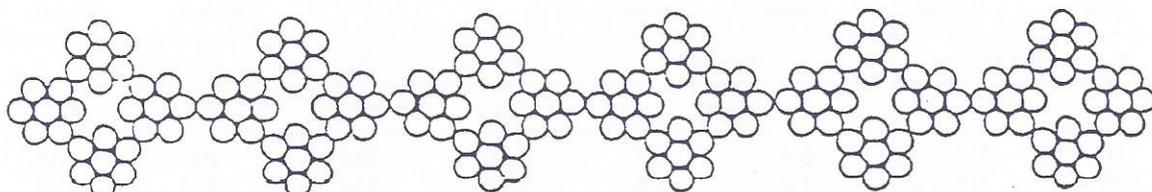


Figura 3. Cable plano 6 (4 × 7 + 1)

TABLA 3
Cable plano 6 (4 × 7 + 1)

1		2		3		4		5		6		7		8	
Ancho x espesor (a × e)		Masa aproximada				Diámetro alambre	Sección metálica I	Carga de rotura		Carga de rotura nominal					
a ± 5% Costura simple	e ± 10% Costura doble	Costura simple	Costura doble	m ± 5%				F ₀	F ₁	Clase de resistencia A 1570 N/mm ²	Clase de resistencia A 1570 N/mm ²				
(a × e)		m ± 5%				d	S ₀	F ₀	F ₁						
mm		kg/m				mm	mm ²	kN	kN						
70 × 15	70 × 17	3,4	3,5	1,60	338	480	530								
74 × 16	74 × 18	3,8	4,0	1,70	381	540	600								
78 × 17	78 × 19	4,3	4,5	1,80	427	600	670								
82 × 18	82 × 20	4,8	5,0	1,90	476	675	750								
87 × 19	87 × 21	5,3	5,5	2,00	529	750	830								
87 × 20	91 × 22	5,8	6,1	2,10	582	822	915								
95 × 21	95 × 23	6,4	6,7	2,20	638	900	1.000								

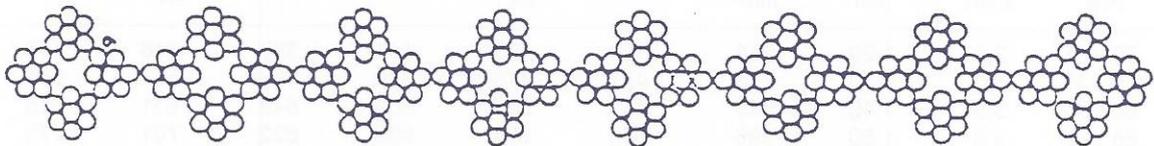


Figura 4. Cable plano 8 (4 × 7 + 1)

TABLA 4
Cable plano 8 (4 × 7 + 1)

1		2		3		4		5		6		7		8	
Ancho x espesor (a × e)		Masa aproximada				Diámetro alambre	Sección metálica I	Carga de rotura mínima		Carga de rotura nominal					
a ± 5% Costura simple	e ± 10% Costura doble	Costura simple	Costura doble	m ± 5%				F ₀	F ₁	Clase de resistencia A 1570 N/mm ²	Clase de resistencia A 1570 N/mm ²				
(a × e)		m ± 5%				d	S ₀	F ₀	F ₁						
mm		kg/m				mm	mm ²	kN	kN						
110 × 18	110 × 20	6,4	6,7	1,90	635	900	1.000								
116 × 19	116 × 21	7,0	7,4	2,00	704	995	1.105								
122 × 20	122 × 22	7,8	8,1	2,10	776	1.100	1.220								
128 × 21	128 × 23	8,5	9,9	2,20	851	1.200	1.340								

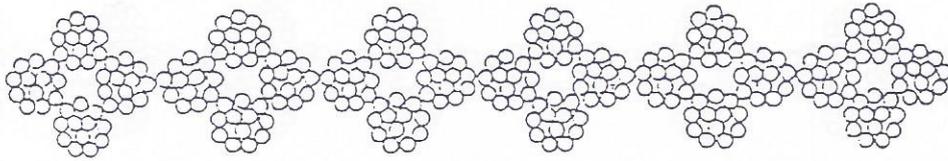


Figura 5. Cable plano 6 (4 x 12 - 1)

TABLA 5
Cable plano 6 (4 x 12 + 1)

1		2		3		4		5		6		7		8	
Ancho x espesor (a x e)		Masa aproximada				Diámetro alambre	Sección metálica	Carga de rotura mínima		Carga de rotura nominal					
a ± 5% Costura simple	e ± 10% Costura doble	Costura simple	Costura doble					Clase de resistencia A 1570 N/mm ²			Clase de resistencia A 1570 N/mm ²				
(a x e)		m ± 5%				d	S ₀	F ₀		F ₁					
mm		kg/m				mm	mm ²	kN		kN					
112 x 23	112 x 26	8,2	8,6	1,90	816	1.155	1.280		1.420						
118 x 24	118 x 27	9,0	9,5	2,00	905	1.280	1.410		1.565						
124 x 25	124 x 28	10,0	10,5	2,10	997	1.410	1.550		1.720						
130 x 26	130 x 29	10,9	11,5	2,20	1.095	1.550									

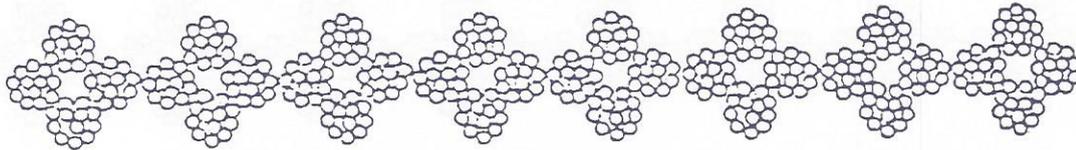


Figura 6. Cable plano 8 (4 x 12 + 1)

TABLA 6
Cable plano 8 (4 x 12 + 1)

1		2		3		4		5		6		7		8	
Ancho x espesor (a x e)		Masa aproximada				Diámetro alambre	Sección metálica	Carga de rotura mínima		Carga de rotura nominal					
a ± 5% Costura simple	e ± 10% Costura doble	Costura simple	Costura doble					Clase de resistencia A 1570 N/mm ²			Clase de resistencia A 1570 N/mm ²				
(a x e)		m ± 5%				d	S ₀	F ₀		F ₁					
mm		kg/m				mm	mm ²	kN		kN					
146 x 23	146 x 26	10,9	11,5	1,90	1.089	1.540	1.710		1.895						
154 x 24	154 x 27	12,1	12,7	2,00	1.206	1.705	2.100		2.295						
160 x 25	160 x 28	13,3	14,0	2,10	1.330	1.880									
168 x 26	168 x 29	14,6	15,3	2,20	1.460	2.065									

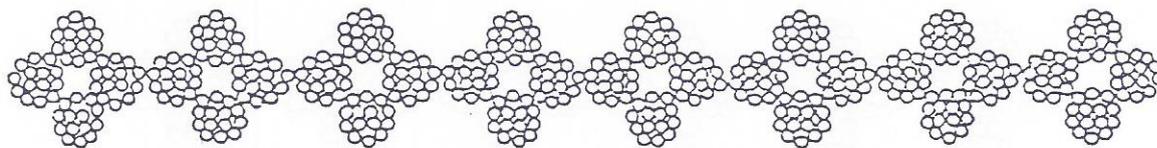


Figura 7. Cable plano 8 (4 x 14 + 1)

TABLA 7
Cable plano 8 (4 x 14 + 1)

1	2	3	4	5	6	7	8
Ancho x espesor (a x e)		Masa aproximada		Diámetro alambre	Sección metálica	Carga de rotura mínima	Carga de rotura nominal
a ± 5% Costura simple	e ± 10% Costura doble	Costura simple	Costura doble			Clase de resistencia A 1570 N/mm ²	Clase de resistencia A 1570 N/mm ²
(a x e)		m ± 5%		d	S ₀	F ₀	F ₁
mm		kg/m		mm	mm ²	kN	kN
172 x 26	172 x 29	14,8	15,5	2,05	1.478	2.090	2.320
180 x 27	180 x 30	16,3	17,1	2,15	1.626	2.300	2.555

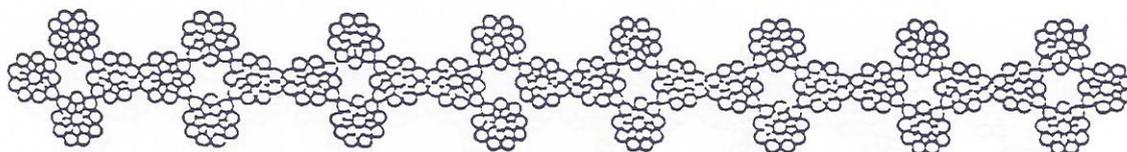


Figura 7. Cable plano 8 (4 x 19 + 1)

TABLA 8
Cable plano 8 (4 x 19 + 1)

1	2	3	4	5	6	7	8
Ancho x espesor (a x e)		Masa aproximada		Diámetro alambre	Sección metálica	Carga de rotura mínima	Carga de rotura nominal
a ± 5% Costura simple	e ± 10% Costura doble	Costura simple	Costura doble			Clase de resistencia A 1570 N/mm ²	Clase de resistencia A 1570 N/mm ²
(a x e)		m ± 5%		d	S ₀	F ₀	F ₁
mm		kg/m		mm	mm ²	kN	kN
186 x 28	186 x 31	17,3	18,1	1,09	1.724	2.435	2.710
190 x 29	190 x 32	18,2	19,1	1,95	1.815	2.565	2.850
194 x 30	194 x 33	19,1	20,1	2,00	1.910	2.700	3.000

La relación entre la sección de la costura y la del conjunto de alambres exteriores de un cordón estará comprendida entre 1,3 y 2,1. Si fuese necesaria una relación mayor se especificaría en el pedido.

5. INSPECCION DEL CABLE

5.1. Generalidades

La inspección del cable comportará una inspección visual del mismo y la comprobación de las siguientes características del cable:

- Dimensiones del cable (ancho x espesor).
- Masa por metro de cable.
- Calidad del recubrimiento (si los alambres son galvanizados).
- Carga de rotura.
- Diámetro de los alambres.
- Resistencia de los alambres al doblado alternativo.
- Resistencia de los alambres a la torsión simple.

5.2. Métodos de inspección

Se inspeccionará el cable según los métodos de la especificación técnica 0000-1-85.

6. METODOS DE ENSAYO

6.1. Determinación de las dimensiones del cable (ancho x espesor)

6.1.1. La medición de las dimensiones del cable deberá realizarse sobre una parte recta y sin tensión, y en dos puntos situados a una distancia de 1 m como mínimo. Como dimensiones reales se tomarán la media aritmética de las dos medidas obtenidas.

6.1.2. Se empleará calibre pie de rey de patas lo bastante largas como para abarcar la anchura total del cable.

6.1.3. En caso de litigio o contrastación, el cable se medirá sometándolo a una tensión no superior al 5% de la carga de rotura mínima garantizada.

6.2. Determinación de la masa por metro

La masa se determinará pesando, con incertidumbre menor del 1%, una longitud mínima de 1 m medida con incertidumbre menor del 1%.

La masa unitaria se determinará mediante la fórmula:

$$m = \frac{M}{L}$$

siendo:

m = Masa unitaria.

M = Masa de la probeta expresada en kilogramos.

L = Longitud expresada en metros.

6.3. Recubrimiento

El control del recubrimiento se realizará determinando la masa real del mismo según lo indicado en la norma UNE 37.504.

6.4. Determinación del diámetro de los alambres

El diámetro de los alambres se determinará como media aritmética de dos medidas obtenidas sobre dos diámetros perpendiculares de una misma sección transversal.

6.5. Determinación de la carga de rotura

6.5.1. Método 1. Carga de rotura total medida

6.5.1.1. La carga de rotura total medida, es la suma de las cargas de rotura de todos los alambres, tomados de una muestra del cable y ensayados separadamente (véase UNE 36.701).

6.5.1.2. Si se ha convenido el método I de inspección, se aplicará la norma UNE 36.401 para el ensayo de todos los alambres extraídos del cable. Para la determinación de la resistencia a tracción se utilizará la sección nominal de cada alambre como divisor de la carga total.

6.5.2. Método II. Carga de rotura medida

6.5.2.1. La carga de rotura medida de un cable es el valor de la carga máxima necesaria para romper una muestra de cable (véase UNE 36.701).

6.5.2.2. Si se ha convenido el método II de inspección se aplicará el método descrito en la norma UNE 7.326 con las siguientes precisiones:

- Se utilizará una máquina de tracción al menos del tipo 1 (UNE 7.281). Dicha máquina deberá ser calibrada periódicamente por un Organismo de Control oficialmente reconocido.
- La longitud útil de ensayo (distancia entre anclajes) será como mínimo de $8a$ (a = anchura del cable), siempre que no sea inferior a 700 mm.

6.5.3. Relación carga de rotura/carga de rotura total medida

6.5.3.1. Los valores de las características definidas en 6.5.1.1 y 6.5.2.2 se relacionan entre sí mediante la fórmula:

$$\text{Carga de rotura medida} = k \times \text{Carga de rotura total medida}$$

siendo

k = Coeficiente de pérdidas por cableado.

6.5.3.2. El coeficiente de pérdidas por cableado toma el valor 0,9.

6.5.4. Determinación del alargamiento. Si se ha convenido la determinación del alargamiento, se medirá sobre una longitud de ensayo de 500 mm. Las determinaciones se llevarán a cabo a partir de una carga del 2% de la carga de rotura mínima F_0 , y para los valores $0,1 F_0$, $0,2 F_0$, $0,3 F_0$, $0,5 F_0$ y $0,6 F_0$. También puede determinarse mediante un registro continuo.

Cuando se realicen determinaciones discontinuas, el alargamiento remanente se medirá descargando la probeta hasta el 2% de la carga de rotura mínima con incertidumbre de 0,1 mm.

6.6. Resistencia al doblado alternativo

Se aplicará lo indicado en la norma UNE 7.195.

6.7. Resistencia a la torsión simple

Se aplicará lo indicado en la norma UNE 7.330, realizando el ensayo hasta la rotura.

7. CRITERIOS DE ACEPTACION

Se siguen los mismos criterios que se especifican en la especificación técnica 0000-1-85, sustituyendo la palabra diámetro por dimensiones.

8. ENSAYO DE ARBITRAJE

Se sigue lo especificado en la especificación técnica 0000-1-85.

9. RECEPCION

En relación con el lugar de recepción, presentación a recepción y derechos y deberes del agente receptor, es aplicable lo indicado en la norma UNE 36.007.

10. CERTIFICACION DE LOS PRODUCTOS

El usuario deberá indicar el tipo de documento, según uno de los modelos indicados en los anexos A y B que debe ser facilitado con cada suministro.

11. CONDICIONES DE SUMINISTRO

Las mismas que se especifican en la especificación técnica 0000-1-85.

12. DATOS QUE DEBEN FIGURAR EN EL PEDIDO

El comprador al cursar su pedido (petición de oferta) al fabricante deberá hacer constar en el mismo, al menos, los siguientes datos:

- a) Tipo de cable (véase UNE 36.703):
 - Composición y forma.
- b) Medidas nominales del cable:
 - Ancho.
 - Espesor.
 - Longitud.
 - Masa por metro (si procede).
- c) Clase de resistencia de los alambres (véase especificación técnica 0000-1-85).
- d) Carga de rotura mínima.
- e) Naturaleza de la superficie (gris, o tipo de galvanizado).
- f) Método de inspección (véase 5.2).
- g) Recepción (si ha lugar).
- h) Tipo de certificado (véase 10).
- i) Tipo de presentación y embalaje (véase 11.2).

ANEXO A

Modelo de testificación de conformidad para cables
(Testificación de conformidad)

Fabricante:
Comprador:
Número de pedido del comprador:
Fecha de entrega:
Ancho nominal:mm
Espesor nominal:mm
Longitud:m
Composición:
Clase de resistencia de los alambres:N/mM2
Naturaleza de la superficie de los alambres:
Carga de rotura total nominal, o carga de rotura mínima:N
Masa por metro lineal:kg/m
Masa total del cable:kg
Bobina/rollo n.º:
Observaciones:
.....
.....

Por el presente documento se certifica que el cable suministrado, cuyas características nominales se detallan, es conforme a la especificación técnica 0005-1-85.

.....
Fecha y lugar
Firma y sello

ANEXO B
Modelo de certificado de control para cables
 (Certificado de control)

Fabricante:
 Comprador:
 Número de pedido del comprador:
 Fecha de entrega:

CARACTERISTICAS DEL CABLE:

Condiciones de suministro:
 Ancho del cable:
 Nominal:mmMedido:mm
 Espesor del cable:
 Nominal:mmMedido:mm
 Longitud del cable:
 Solicitada:mMedida:m
 Masa total del cable:kg
 Masa por metro lineal:
 Nominal:kg/mMedida:kg/m
 Composición:
 Naturaleza de la superficie de los alambres:.....
 Cable:.....
 Preformado: SI NO Postformado: SI NO
 Resistencia nominal a la tracción de los alambres:.....N/mm²
 Carga de rotura mínimaN
 Carga de rotura del cable:
 Carga total medida: Carga de rotura medida:
 Naturaleza del alma:
 Tipo de iubrificante de los cordones:
 Tipo de compuesto de impregnación de las fibras intercaladas:
 Porcentaje del compuesto de impregnación de las fibras intercaladas y de las almas, en relación con la masa de la fibra seca:
 Número de la bobina o carrete:
 Dimensiones de la bobina (diámetro x longitud):
 Masa total del conjunto cable-soporte-embalaje:kg

.....
 Lugar y fecha

.....
 Sello y firma

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA	Control de vibraciones producidas por voladuras	ESPECIFICACION TECNICA 0380-1-85
--	--	---

1. CAMPO DE APLICACION

Es de aplicación la presente especificación en todas las actividades en que se utilicen explosivos comerciales a que se refiere el apartado 3.4 de la ITC 10.3-01.

2. TIPOS DE ACTIVIDADES

Respecto a la duración de la actividad y a la extensión del área de trabajo, pueden diferenciarse dos tipos de actividades:

2.1. Actividades permanentes

Son aquéllas en que el uso del explosivo se realiza periódicamente pero en forma permanente. Corresponden a las actividades de arranque en canteras, minas a cielo abierto y minas subterráneas.

2.2. Actividades temporales

Son aquéllas en que el uso del explosivo se realiza durante un período de tiempo, aunque sea en forma habitual durante ese período. Corresponden a las voladuras de construcción, a la apertura de canteras para la obtención de un árido para una obra determinada, etc.

Las actividades temporales pueden clasificarse en los siguientes grupos:

2.2.1. Actividades temporales tipo A

Son las que cumplen al menos uno de los siguientes puntos:

- Carga total utilizada durante todo el periodo de uso de explosivo superior a 1.000 kg de equivalente en Goma Pura.
- Carga máxima diaria utilizada superior a 200 kg de Goma Pura.
- Barrenos de más de 5 m de longitud.
- Carga instantánea detonada superior a 50 kg de equivalente en Goma Pura.

2.2.2. Actividades temporales tipo B

Son las que cumplen al menos uno de los siguientes puntos:

- Carga total utilizada durante todo el periodo de uso de explosivo comprendida entre 100 y 1.000 kg de equivalente en Goma Pura.
- Carga máxima diaria utilizada comprendida entre 50 y 200 kg de equivalente en Goma Pura.
- Carga instantánea detonada comprendida entre 1 y 50 kg de equivalente en Goma Pura.

2.2.3. Actividades temporales tipo C

Son las que cumplen todos los requisitos siguientes:

- Carga total utilizada durante todo el periodo de uso de explosivo inferior a 100 kg de equivalente en Goma Pura.
- Carga máxima diaria utilizada menor de 50 kg de equivalente en Goma Pura.
- Carga instantánea detonada inferior a 1 kg de equivalente en Goma Pura.
- Longitud de barrenos inferior a 3 m.

3. ESTRUCTURAS COLINDANTES

Se entiende por estructura colindante toda obra de origen antrópico con una finalidad útil y que sea susceptible de experimentar vibraciones.

Los tipos de estructuras incluidas en la presente especificación son las siguientes:

- Todos los edificios utilizados como viviendas o centros de trabajo (edificios residenciales, oficinas, hospitales, escuelas, prisiones, fábricas, etc.).
- Los edificios de uso público (ayuntamientos, iglesias, etc.)
- Estructuras antiguas de valor arqueológico, arquitectónico o histórico.
- Estructuras industriales ligeras proyectadas y construidas según las normas habituales de construcción.

Las estructuras excluidas de la presente especificación son las siguientes:

- Estructuras industriales pesadas como plantas nucleares, eléctricas, estructuras químicas pesadas, todos los tipos de presas y estructuras para contener agua u otros materiales.
- Todas las estructuras subterráneas.
- Todas las estructuras marítimas.

3.1. Clasificación de las estructuras

Las estructuras incluidas en la presente especificación pueden clasificarse en tres grupos:

Grupo 1: Edificios para viviendas, oficinas y similares por su construcción, en un estado de conservación que cumpla las reglas de buena construcción generalmente aceptadas.

Grupo 2: Edificios muy rígidos, en un estado de conservación que cumpla las reglas de buena construcción generalmente aceptadas.

Grupo 3: Edificios de interés histórico-artístico y los edificios que no puedan clasificarse en los Grupos 1 y 2.

4. ESTUDIO DE VIBRACIONES POR VOLADURAS

Un estudio de vibraciones por voladuras es un estudio en el que se obtienen los valores previsibles de la vibración para varios valores de la carga y distancia y correlacionándolos se puede estimar el valor más probable de la vibración.

4.1. Contenido de un estudio de vibración

Las partes de un estudio de vibración por voladuras son las siguientes:

a) Medición

Son los resultados de las medidas realizadas en la propia ubicación de la actividad, para distintos valores de la carga y la distancia.

Las medidas pueden realizarse en el terreno o en las estructuras, obteniendo en este último caso la amplificación de estas últimas.

b) Análisis

El análisis de las vibraciones puede tener distintas fases según la complejidad del estudio. Las fases existentes de menos a más complejas son:

- Obtención de parámetros pico.
- Definición de contenido espectral y forma tipo de onda.
- Integraciones de las medidas obtenidas.

c) Definición del campo espacial

Aplicando una ley de correlación y a partir de las medidas realizadas puede estimarse la vibración más probable para cualquier carga y distancia.

Las leyes de correlación usualmente aplicadas son:

- Ley cuadrática

$$V = K \left(\frac{D}{\sqrt{Q}} \right)^0$$

- Ley cúbica

$$V = K \left(\frac{D}{\sqrt[3]{Q}} \right)^0$$

- Ley sueca

$$V = K \left(\frac{Q}{D^{3/2}} \right)$$

- Ley general

$$V = K \cdot D^\alpha \cdot Q^\beta$$

Siendo:

V = Parámetro de valor pico de la vibración medida.

D = Distancia.

Q = Carga instantánea detoñada.

K, α , β = Constantes a determinar en el estudio de correlación.

d) Respuesta estructural

Opcional y sólo en los estudios más completos, relaciona la vibración en la estructura con la vibración en el terreno.

e) Aplicación de un criterio de prevención

Aplicando un criterio de prevención y a partir de las fases anteriores se obtiene el nivel de carga máximo para cada distancia.

4.2. Prescripciones a cumplir en un estudio de vibraciones por voladuras

Cada fase del estudio de voladuras deberá cumplir las siguientes prescripciones:

a) Medición

- Los equipos de medida deberán estar tarados, debiendo acompañarse en cada estudio las curvas de tarado de todos los captadores utilizados.
- Los captadores deberán anclarse firmemente al terreno o a la estructura. En caso de terreno suelto, los captadores se enterrarán en una caja lastrada de forma que la relación de su peso a su volumen sea sensiblemente igual a la densidad del terreno.

- Para cada voladura deberá medirse simultáneamente en un mínimo de 2 puntos.
- El número total de medidas no podrá ser inferior a 20.

b) Análisis

- Las medidas en que el valor pico sea menor del cuádruple del máximo del ruido existente no se considerarán.

c) Definición del campo espacial

- Salvo justificación contraria suficientemente documentada, se utilizará la ley cuadrada.
- La ley de correlación será válida únicamente en la zona de medida, esto es, en los puntos cuyo valor se obtenga por interpolación.

d) Aplicación de un criterio de prevención

Podrá aplicarse cualquiera de los criterios de prevención existentes, alguno de los cuales, a título orientativo, se incluyen en el Apéndice 1.

Justificando:

- Que las condiciones de obtención del criterio son similares a las existentes en la localidad del estudio.
- Que la naturaleza de los edificios existentes es del mismo tipo de a los que está referido el criterio de prevención utilizado.
- Que los captadores utilizados tienen un rango frecuencial igual a los empleados al establecer el criterio.

4.3. Categoría de los estudios de vibraciones por voladuras

De acuerdo con su complejidad pueden diferenciarse tres categorías de estudios de vibraciones por voladuras. De menos a más complejo, se tendrá:

– **Categoría I**

Deben cumplir los siguientes requisitos:

- Medida con menos de cuatro captadores por voladura.
- Situación de captadores en el terreno.
- Captadores de velocidad con frecuencia de corte en baja superior a 2 Hz.
- Análisis de valores pico y obtención de una ley de propagación.

– **Categoría II**

- Medida con cuatro o más captadores por voladura.
- Registro de señales en cinta magnética.
- Captadores de velocidad con frecuencia de corte en baja de 2 Hz.
- Análisis de señales con analizador frecuencial.
- Estudio de valores pico y de contenido espectral.

– **Categoría III**

- Estudio geológico de la zona de ubicación.
- Medida con cuatro o más captadores por voladura.

- Captadores de tipo aceterómetro o servoacelerómetro.
- Registro de señales en cinta magnética.
- Integración con integradores digitales o analógicos con frecuencia de corte no superior a 1 Hz.
- Estudio de valores pico y de contenido espectral.
- Análisis dinámico de la respuesta de los edificios.

5. OBLIGATORIEDAD DE LOS ESTUDIOS DE VIBRACIONES O CRITERIOS ALTERNATIVOS DE PREVENCION

Dependiendo del tipo de actividad y de la naturaleza de las estructuras colindantes así será la obligatoriedad de la categoría de estudio necesario.

En el cuadro 1 se incluyen las necesidades de categoría de estudio de vibraciones según la clasificación de las actividades de voladura y la naturaleza de las estructuras colindantes.

En los casos en que no sea obligatorio la realización de un estudio, se dan los valores límite de vibración admisible. Si optativamente se realizara en estos casos un estudio, estos valores podrán aumentarse siempre que se justifique suficientemente.

En el apéndice 2 se dan los valores orientativos de la carga instantánea detonada para que la velocidad de partícula máxima más probable sea inferior a 8 y 30 mm/seg.

CUADRO I

Actividades	Estructura grupo I	Estructura grupo II	Estructura grupo III
Permanentes	Estudio categoría II	Estudio categoría II	Estudio categoría III
Temporales tipo A	Estudio categoría I	Estudio categoría I	Estudio categoría II
Temporales tipo B	Estudio categoría I	$V_{\max} = 30$ mm/s	Estudio categoría II
Temporales tipo C	$V_{\max} = 8$ mm/s	$V_{\max} = 30$ mm/s	Estudio categoría I ($V_{\max}=4$ mm/s)

6. QUEJAS

El artillero deberá disponer en la obra de un libro con hojas numeradas y selladas por la Dirección Provincial de Industria, en donde vayan registrándose todas las quejas que se produzcan por el empleo de los explosivos.

Los datos que deben figurar en un parte de queja son:

- Fecha y hora.
- Nombre, D.N.I. y dirección de la persona que formula la queja.
- Tipo de daños observados.
- Croquis acotado de la zona que se estaba volando en el tiempo de producirse la queja y carga instantánea detonada en ese período.

Cuando el número de quejas sea superior a 2 y en todas se aduzcan daños físicos en los edificios, el artillero deberá ponerlo en conocimiento de la Autoridad Minera, quien podrá si así lo estima conveniente, exigir nuevos estudios o reducir las cargas previstas.

APENDICE 1

1. NORMA DIN 4.150. PARTE III

Publicada como norma de aplicación en 1983, está constituida por tres partes en las que se expone la naturaleza de las vibraciones, los criterios de prevención por confort y los criterios de daños en edificios.

1.1. Parámetro representativo del daño

En su versión definitiva, el máximo del valor velocidad de partícula $\vec{V} = \vec{V}_x + \vec{V}_y + \vec{V}_z$ y la frecuencia dominante, medidos en los cimientos de la estructura y en los forjados más altas.

1.2. Ley de propagación

No se estudia.

1.3. Criterios de prevención

El criterio de prevención establecido es el que figura en la tabla adjunta y que se representa en la figura 1.1.

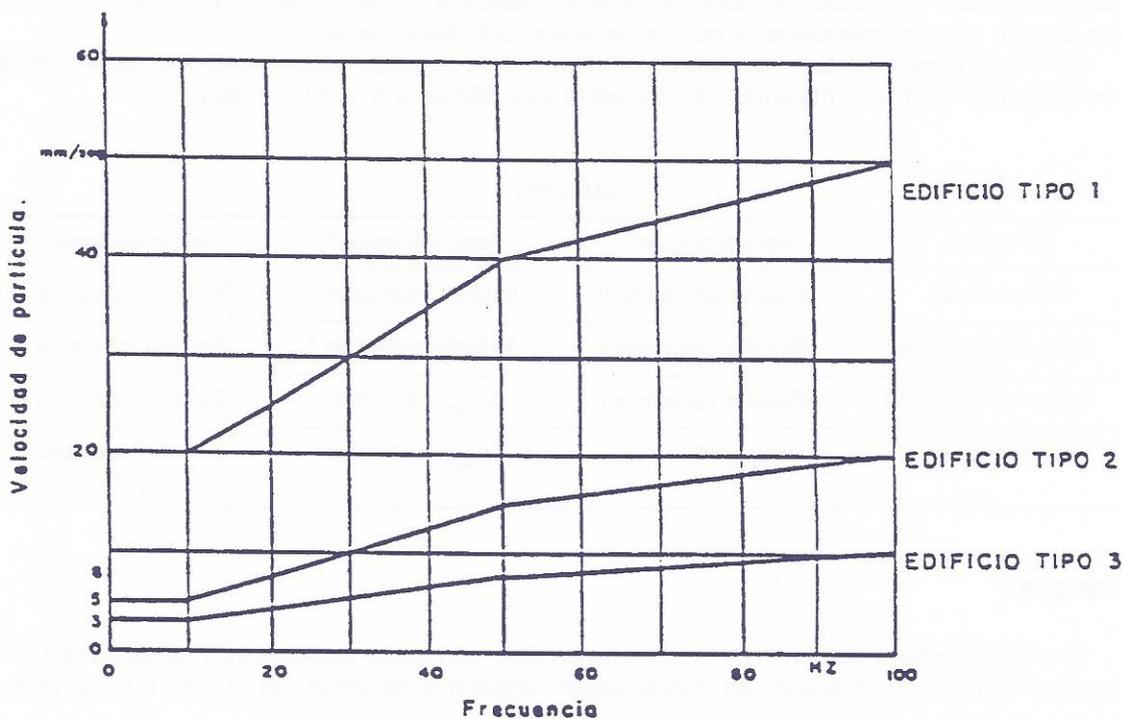


Figura 1.1. Criterios de prevención.

TABLA DE LIMITES DE PREVENCIÓN SEGUN DIN 4.150

Máxima velocidad de partícula en mm/seg				
Tipo de edificio	Cimiento			Forjados
	Frecuencias			
	<10 Hz	10-50 Hz	50-100 Hz	
1. Edificio público o industrial	20	20 a 40	40 a 50	40
2. Edificios de viviendas o asimilable a vivienda Edificios con revocos y enlucidos	5	5 a 15	15 a 20	15
3. Edificios histórico-artísticos o que por su construcción son especialmente sensibles a las vibraciones y no entran en los Grupos 1 y 2	3	3a 8	8 a 10	8

2. BOLETIN 656 DEL U.S. BUREAU OF MINES

Publicado en 1971 como culminación de un proyecto de investigación de 10 años de duración, los principales puntos objeto de la investigación fueron:

1. Definición de un parámetro representativo del daño.
2. Instrumentación para medir las vibraciones.
3. Leyes de propagación para estimar las máximas amplitudes del parámetro elegido.
4. Niveles de seguridad o prevención.

2.1. Parámetro representativo del daño

Para establecer el criterio de prevención se partió inicialmente de los datos existentes sobre vibración y daño en estudios anteriores (Thcenen y Windes, 1942; Langefors et al., 1958, Edwards et al., 1960).

La conclusión fue que confirmando estudios anteriores el daño en estructuras residenciales correlaciona mejor con el parámetro velocidad de partícula que con el de desplazamiento o aceleración.

2.2. Ley de propagación

De las múltiples variables que pueden influir en la vibración por voladura, se adoptan como de mayor importancia la carga instantánea detonada y la distancia al punto de la voladura. La ley resultante es del tipo general:

$$V = K (D/W)^\gamma$$

siendo:

V = Velocidad pico de partícula.

W = Carga instantánea detonada.

D = Distancia.

K, ϵ , γ = Constantes a determinar mediante correlación estadística.

En el mismo estudio se concluye que independientemente de los otros factores, una distancia a escala utilizando la raíz cuadrada de la carga detonada ($\epsilon = 0,5$), da la ley de correlación más consistente para estimar la velocidad de partícula.

Los parámetros K y γ se determinan por correlación estadística y engloban al resto de variables no consideradas, geología, geometría de la voladura, etc.

2.3. Criterio de prevención

A partir de los datos existentes y de las pruebas realizadas por el Bureau, que se representan en la figura 2.1, se establecieron los siguientes límites:

- Con una velocidad de partícula máxima de 50 mm/seg se reduce la probabilidad de daños en áreas residenciales a menos del 5%.
- Con una velocidad de partícula máxima de 10 mm/seg se reduce el número de quejas a menos del 8% del total potencial.

2.4. Limitaciones

Las medidas de vibraciones fueron realizadas con captadores de velocidad, con lo que puede asegurarse que no se captaron las componentes de frecuencia inferior a 5 Hz.

El tipo de estructuras considerado corresponde a las de zonas residenciales de Estados Unidos, normalmente de una o dos plantas.

No se considera la respuesta estructural.

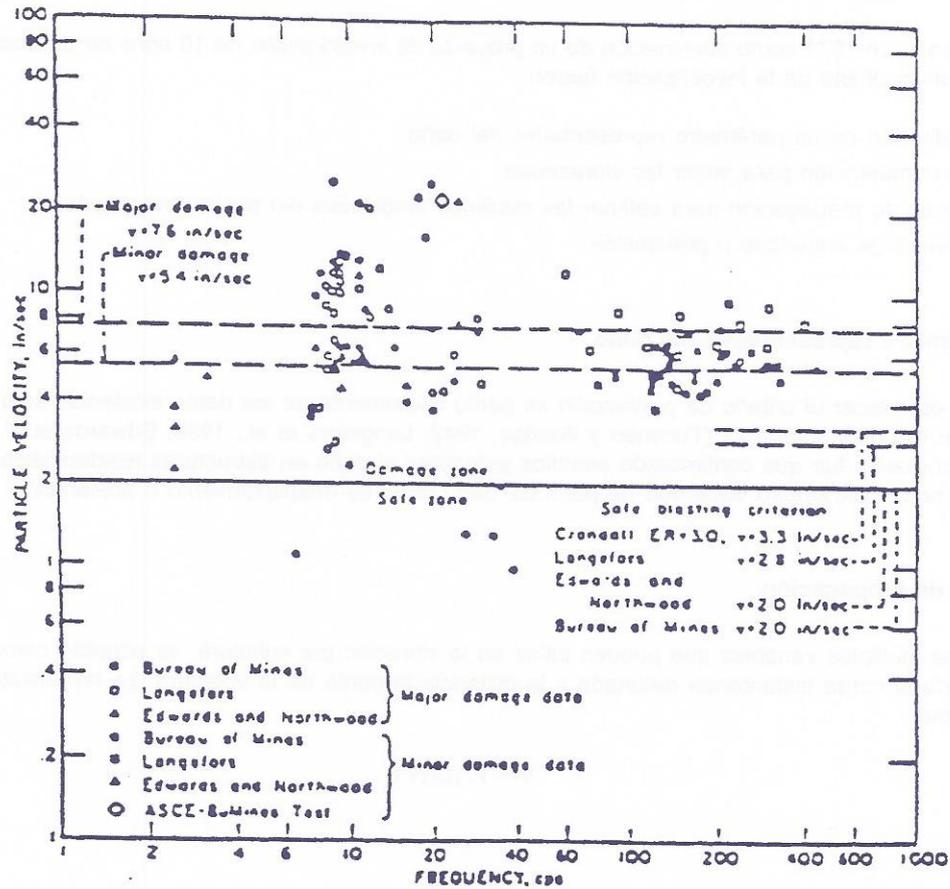


Figura 2.1. Niveles de prevención establecidos por el U.S. Bureau of Mines en el Boletín 656.

3. BOLETIN R.I. 8.507 DEL U.S. BUREAU

Publicada en 1980 fue el resultado de un proyecto de investigación comenzado en 1974.

El motivo principal de la iniciación de este estudio fue el número de casos de quejas y daños que se presentaban con niveles interiores a 50 mm/seg para poblados próximos a explotaciones de carbón a cielo abierto.

Las líneas principales de este estudio fueron:

1. Definir las diferencias en el tipo de la vibración según que las voladuras correspondan a construcción, explotación de canteras o minas de carbón a cielo abierto.
2. Medición directa de la respuesta estructural y observación de la naturaleza y tipo de daño.
3. Dependencia de la respuesta estructural y el daño con el contenido frecuencial de la vibración del terreno.

3.1. Parámetros representativos del daño

Se considera como parámetro representativo del daño no sólo la velocidad pico de partícula, sino también el contenido frecuencial de la vibración, y el desplazamiento de partícula según cual sea la frecuencia dominante.

Se diferencian tres espectros tipo correspondientes a voladuras de construcción, de cantera y de mina de carbón a cielo abierto (fig. 3.1).

La velocidad pico de partícula corresponde a la de la respuesta estructural, medida en la estructura.

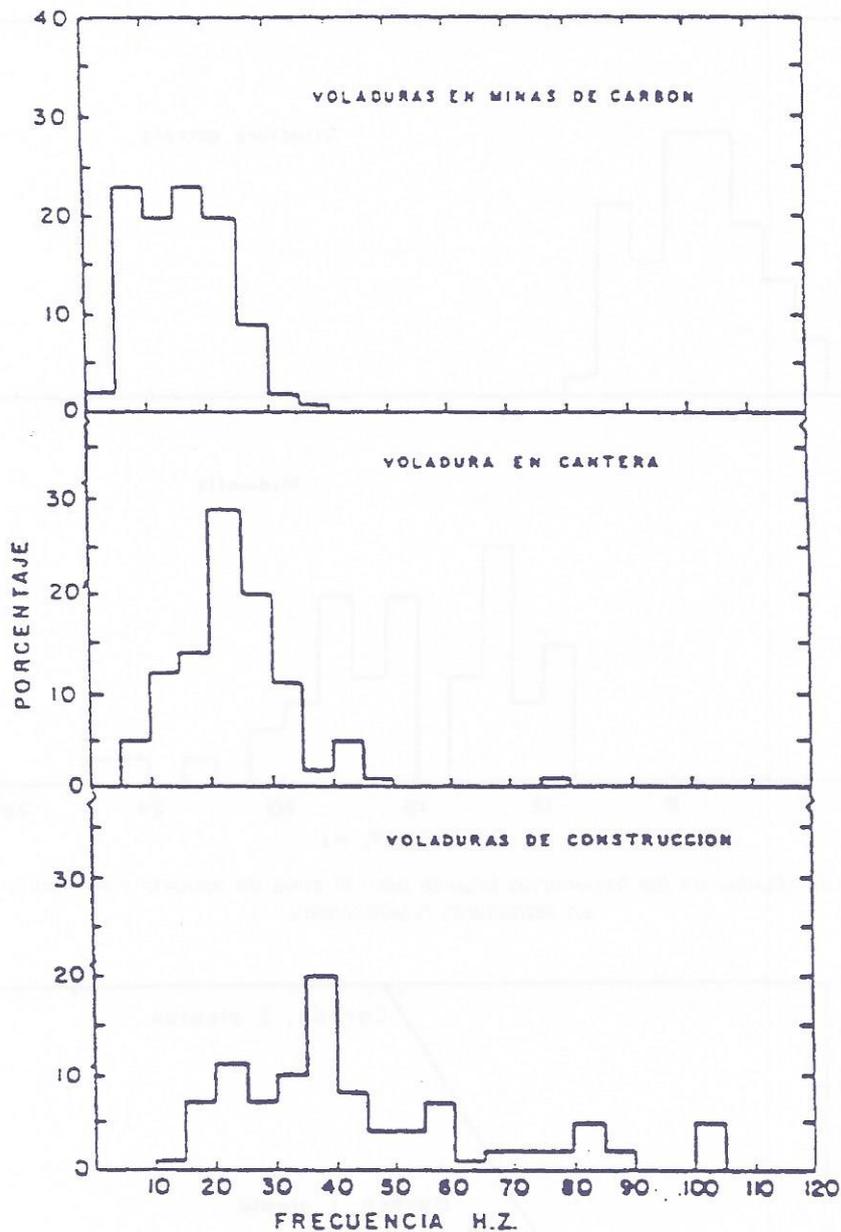


Figura 3.1. Frecuencias dominantes en las vibraciones del terreno para voladuras de minas de carbón, de cantera y de construcción.

3.2. Ley de propagación

Sigue adaptándose una ley potencial del tipo.

$$V = K (D/W)^n$$

Siendo V la velocidad de partícula correspondiente al terreno.

La velocidad pico en la estructura puede correlacionarse con la del terreno partiendo del espectro tipo de la vibración y de los espectros medios de la respuesta (figura 3.2), dependiendo del tipo de edificio y del tipo de voladura (figura 3.3).

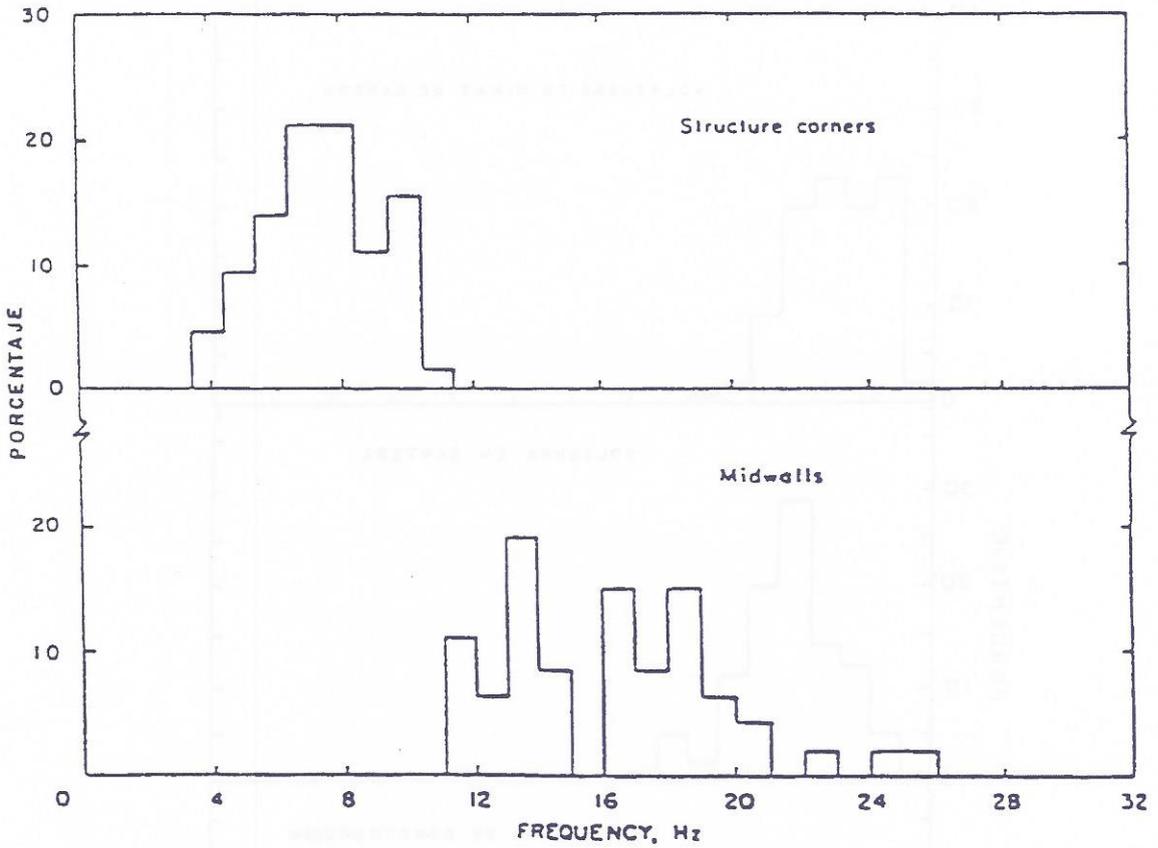


Figura 3.2. Distribución de las frecuencias propias para la zona de esquina y de centro de vano en estructuras residenciales.

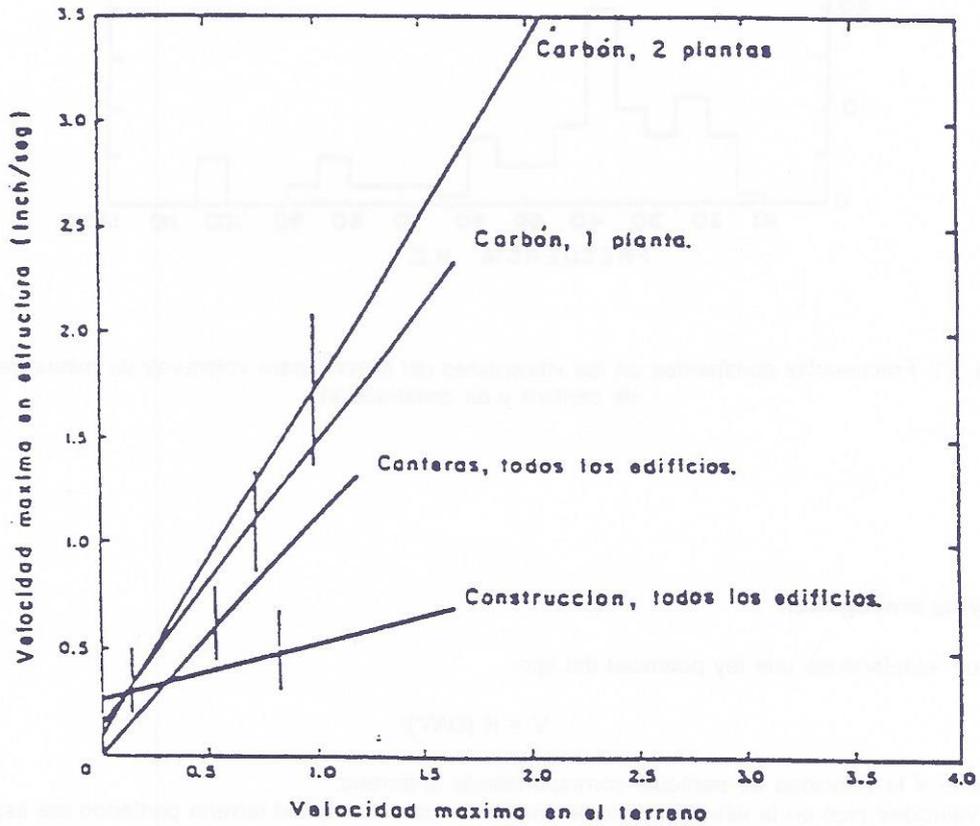


Figura 3.3. Velocidad máxima en estructura y velocidad horizontal máxima en el terreno.

3.3. Criterios de prevención

El criterio de daños de las 2" se corrigió en la siguiente forma (figura 3.4).

- Para vibraciones del terreno de frecuencia mayor de 40 Hz puede admitirse una velocidad de partícula máxima de 50 mm/seg.
- Para vibraciones con frecuencias dominantes comprendidas entre 15 y 40 Hz el máximo desplazamiento debe ser inferior a 0,2 mm.
- Para vibraciones de frecuencia dominante comprendida entre 4 y 10 Hz los límites en velocidad son de 19 mm/seg para tabiques prefabricados y de 13 mm/seg para tabiques construidos en obra y enlucidos.
- Para vibraciones de frecuencia dominante menor de 4 Hz el límite en desplazamientos es de 0,75 mm.

3.4. Limitaciones

Las medidas de vibraciones fueron realizadas con captadores de velocidad con lo que puede asegurarse que no se captaron las frecuencias inferiores a 5 Hz.

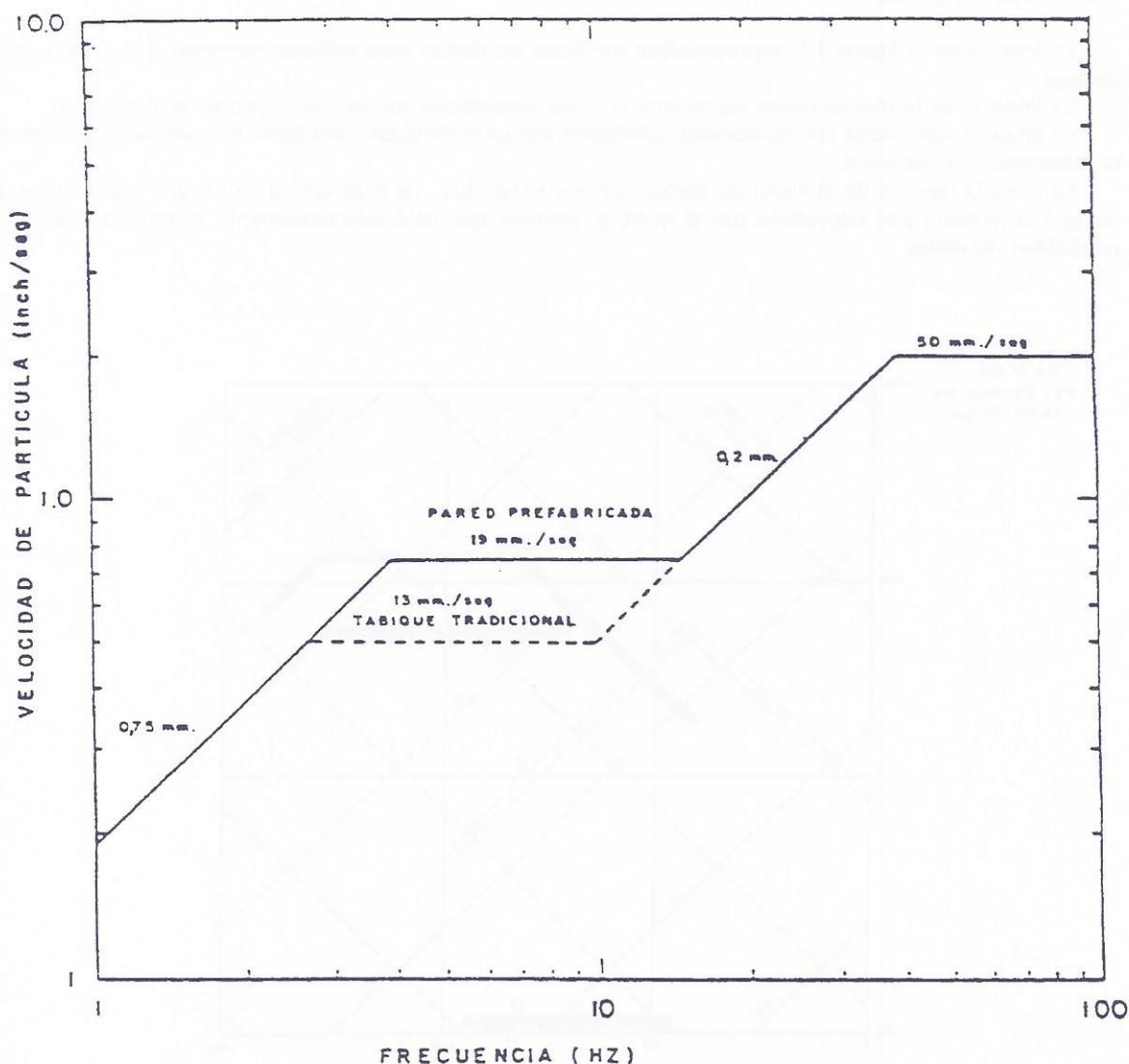


Figura 3.4. Niveles de seguridad para las vibraciones por votaduras en edificios utilizando un criterio de velocidad y desplazamiento.

La respuesta estructural está sólo considerada para edificios de 1 o 2 plantas, prefabricadas o no, y con estructura a base de muros de carga.

En cualquier caso un criterio mixto de desplazamiento y velocidad dependiendo de la frecuencia dominante es técnicamente de difícil aplicación y teóricamente poco consistente.

4. CRITERIO DE NITRO-NOBEL

Establecido en 1980 mejorando los criterios iniciales de Langefors.

4.1. Parámetro representativo del daño

La velocidad máxima de partícula medida en el terreno.

4.2. Ley de propagación

La del criterio tradicional sueco.

4.3. Criterio de prevención

La línea A de la figura 4.1, representativa del límite de daños para edificios normales sobre roca competente.

La línea B de la misma figura representa el límite establecido por las autoridades de Estocolmo.

La línea C representa las vibraciones admisibles por un ordenador, asimilable a cualquier otro elemento electrónico de precisión.

La línea D representa el límite de percepción por el hombre. La experiencia indica que velocidades de hasta 110 mm/seg son admisibles por el hombre, siempre que esté adecuadamente informado y no tema posibilidad de daños.

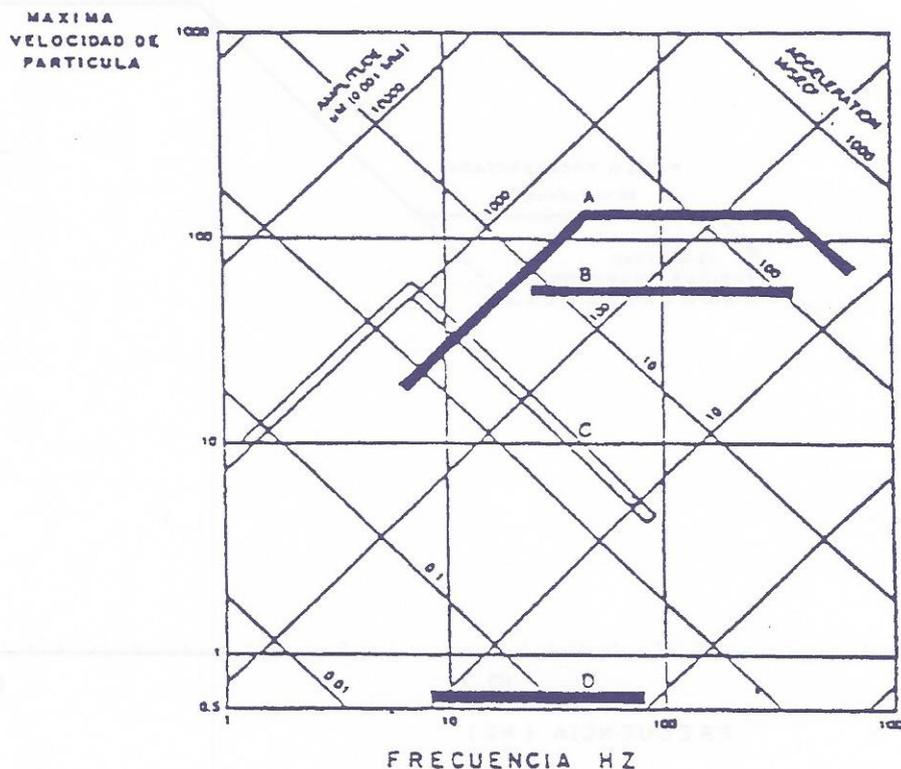


Figura 4.1. Criterios de daños en función de la frecuencia.

4.4. Limitaciones

Empleo de captadores de velocidad con frecuencia de corte en torno a los 5 Hz.

5. CRITERIOS DE GUSTAFFSON (1973)

Como mejora del criterio de Langetors, relaciona la posibilidad de daño con la naturaleza del medio transmisor, representado este último por la celeridad de la onda.

5.1. Parámetro representativo del daño

El ángulo de cizallamiento definido como la relación entre la velocidad de partícula y la celeridad de la onda.

4.2. Ley de propagación

La definida por Langefors y Whilström:

$$V = K \left(\frac{Q}{D^{3/2}} \right)^{1/2}$$

siendo:

V = Velocidad de partícula.

Q = Carga instantánea detonada.

D = Distancia.

5.3. Criterio de prevención

El que se indica en la siguiente tabla:

Graduación del riesgo de daños en edificios residenciales-ordinarios en relación con la velocidad de vibración del terreno y el material sobre el que están cimentados los edificios.

Velocidad de propagación de la onda c (m/s)	1.000-1.500 Arena, grava, arcilla bajo el nivel freático	2.000-3.000 Morrenas, pizarra, caliza blanda	4.500-6.000 Granito, gneis. caliza dura cuarcita, arenisca, diabasa	Efecto sobre edificios normales	Nivel de carga para c = 4.500-6.000 m/s
Velocidad de vibración v (mm/s)	9	18	35	Sin grietas apreciables	0,008
	13	25	50		0,015
	18	35	70		0,03
	30	55	100	Grietas finas y caída de yeso (valor límite) Agrietamiento Agrietamiento severo	0,06
	40	80	150		0,12
	60	115	225		0,25

5.4. Limitaciones

No se desarrollan explícitamente los métodos empleados ni las campañas de mediciones realizadas para deducir los criterios de prevención.

Solamente se recomiendan límites de prevención para edificios denominados -normales.@, que puede suponerse se refiere a edificios de uso para viviendas, oficinas, almacenes, fábricas, en buen estado de conservación y construidos según las conocidas normas de buena construcción. Para edificios de interés especial o mal estado de conservación no se recomienda ninguna reducción de los valores.

6. CRITERIO DE DOWDING Y CORSER (1981)

Por extrapolación de la metodología utilizada en el análisis sísmico y siguiendo la línea de trabajos anteriores (Medearis, 1979), se estudió la respuesta estructural de un modelo de un solo grado de libertad frente a los espectros frecuenciales tipo de voladuras en túneles en cantera.

6.1. Parámetro representativo del daño

El espectro tipo de la excitación según el tipo de voladura (túneles, canteras, voladura urbana, etc.) y la función de transferencia del modelo de estructura.

En la respuesta se considera que la probabilidad de daños viene relacionada con el valor del cortante en la tabiquería, que a su vez es proporcional a la distorsión angular.

6.2. Ley de propagación

No se estudia.

6.3. Criterio de prevención

Para edificios de una altura y estructura de madera, el límite de rotura para frecuencias bajas (3-20 Hz) es el representado en la figura 6.1, y el espectro de respuesta para voladuras de cantera y voladuras en túneles.

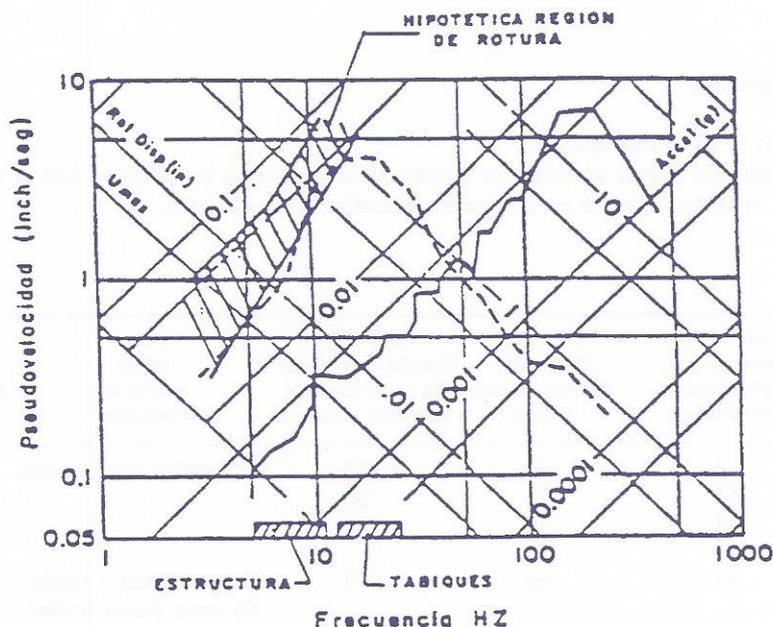


Figura 6.1. Espectro de respuesta para una voladura de cantera (curva a trazos) y una voladura de túnel (curva continua).

6.4. Limitaciones

Se considera un modelo de un solo grado de libertad y con parámetros representativos o estructuras reticuladas con pórticos de madera, método de construcción no usual en Europa.

Los espectros frecuenciales de la excitación se han obtenido midiendo con captadores de velocidad, con lo que no se captan las componentes de muy baja frecuencia.

APENDICE 2
VALORES ORIENTATIVOS DE LA CARGA INSTANTANEA DETONADA SEGUN LA DISTANCIA

Para los casos en que no sea preceptivo la realización de un estudio particular de vibraciones, pueden tomarse a título orientativo los siguientes valores de la carga instantánea detonada en función de la distancia a la edificación más próxima y según la máxima velocidad de partícula admisible:

- Para una velocidad máxima admisible de $v = 30$ mm/seg.

Carga instantánea detonada (equivalente de Goma Pura)

Distancia (m)	Roca dura sana (granito, gneis, cuarcita)	Roca fisurada	Roca muy alterada o alternancias suelo-roca
2 m	80 gr	100 gr	300 gr
5 m	200 gr	500 gr	1.000 gr
10 m	500 gr	1.000 gr	4.000 gr
20 m	2.000 gr	3.000 gr	5.000 gr
50 m	5.000 gr	10.000 gr	10.000 gr

- Para una velocidad máxima admisible de $v = 8$ mm/seg.

Carga instantánea detonada (equivalente de Goma Pura)

Distancia (m)	Roca dura sana (granito, gneis, cuarcita)	Roca fisurada	Roca muy alterada o alternancias suelo-roca
2 m	30 gr	40 gr	50 gr
5 m	50 gr	70 gr	120 gr
10 m	100 gr	200 gr	500 gr
20 m	400 gr	400 gr	700 gr
50 m	1.000 gr	1.000 gr	1.200 gr

En el caso de existencia del nivel freático alto, diques de material más resistente, tallas abiertas y rellenas, etc., se recomienda la realización de estudio particular o comenzar con cargas del orden de 1/3 de las que figuran en la tabla y en caso de ausencia de quejas ir las aumentando progresivamente.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA	Bloqueadores de conexión en caso de fallos de aislamiento previos a la puesta en tensión	ESPECIFICACION TECNICA 1005-1-87
--	---	---

1. CARACTERISTICAS

1.1. El equipo debe estar protegido contra cortocircuitos y defectos internos una vez instalado en el cofre correspondiente.

1.2. Los ajustes de los niveles de respuesta, no serán accesibles desde el exterior de la envolvente en que se instalan, si esta envolvente es diferente de la propia del aparato.

1.3. El funcionamiento ha de ser independiente de efectos capacitivos en los cables; particularmente los umbrales de respuesta no se verán afectados por dichos efectos.

1.4. El equipo debe disponer de un relé de salida con dos contactos; uno que permita el bloqueo a la conexión del contactor, y el otro la acción sobre un elemento de señalización.

1.5. El equipo ha de ser de seguridad positiva, de forma que la interrupción de la alimentación al aparato durante la exploración, implique el paso al estado de bloqueo.

1.6. El umbral de respuesta ha de poder ajustarse a partir de un mínimo de 2 k Ω .

1.7. El funcionamiento correcto dentro de las prescripciones anteriores se mantendrá entre el 80% y el 120% de la tensión de alimentación.

1.8. La señal de salida para explorar el estado de aislamiento será tal que pueda considerarse segura frente al riesgo de electrocución en el caso de minas con grisú deberá ser, asimismo, segura frente al riesgo de explosión en condiciones normales del aparato.

esta última prescripción se verificará de acuerdo a las reglas de la seguridad intrínseca, definidas en EN 50.020 excluyendo la consideración de tallos.