

# Estudio comparativo entre los envejecimientos naturales y artificiales acelerados en los equipos de protección personal (y III)\*

Por José María Cortés Díaz y Jesús Morón Rodríguez, Técnicos del Centro Nacional de Medios de Protección del Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo.

## 6.3. Cascos de protección

### 6.3.1. Selección de las muestras

Los cascos utilizados para este estudio han sido seleccionados entre las muestras presentadas en el Centro Nacional para su homologación, las cuales se encuentran clasificadas, según los materiales, como se indica en el presente cuadro.

CUADRO IX

Material	Muestras presentadas	Porcentaje sobre el total
Poliétileno.....	42	54
ABS.....	15	19
Policarbonato.....	13	17
Polipropileno.....	6	8
Poliéster con fibra de vidrio..	2	2

De la totalidad de las muestras presentadas sólo superaron las pruebas de homologación los cascos fabricados en polietileno, ABS y policarbonato, por lo que los cascos sometidos a envejecimientos han sido los fabricados con estos materiales, lo que ha permitido comparar los resultados en estas condiciones con los obtenidos en las pruebas de choque y perforación en condiciones normales, en los correspondientes ensayos de homologación.

### 6.3.2. Envejecimientos

#### a) Envejecimiento natural

Las muestras de cascos se mantuvieron durante 9 meses, comprendidos entre mayo de 1981 y enero de 1982, en la estación de envejecimiento ya descrita.

Al cabo de 4 meses, ya se apreciaron en dos modelos de cascos, fabricados en polietileno, signos evidentes de envejecimiento, constituidos por microfisuras concéntricas en la copa del casco, a partir del punto de inyección, como se aprecia en la fotografía 7, y por la pérdida de flexibilidad de la visera.

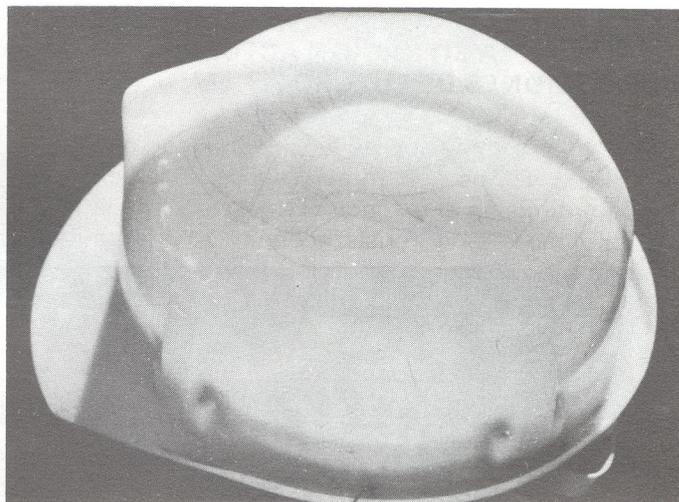


Foto 7.

En el mismo período de tiempo, el resto de las muestras no presentaban ningún signo de envejecimiento, lo que evidencia que en el proceso de degradación influyen otros factores además del material.

A partir de los 6 meses de exposición, el resto de las muestras fabricadas en polietileno comenzaron a mostrar signos de microfisuración, aunque con distinta intensidad.

Durante todo el tiempo que duró la exposición las muestras de ABS y policarbonato, el único signo que mostraron de envejecimiento fue la pérdida de brillo y color en la zona expuesta a las radiaciones solares.

#### b) Envejecimiento artificial

Consistió en someter las muestras durante 600 horas en la cámara de radiaciones U.V. descrita anteriormente.

### 6.3.3. Criterios de evaluación

#### a) Observación visual

En los cascos expuestos a envejecimiento natural se siguió un control mensual, consistente en realizar observaciones visuales o táctiles, anotando las diferencias observadas con respecto al modelo original (fisu-

\* Véase «Metalurgia y Electricidad», núms. 552 y 553.

ras, decoloración, pérdida de brillo y pérdida de flexibilidad).

Esta última se evidencia principalmente en la visera de los cascos fabricados en polietileno, ya que al aplicarle una ligera presión se oye un crujido del material, rompiendo con suma facilidad.

*b) Ensayo de resistencia a la compresión lateral*

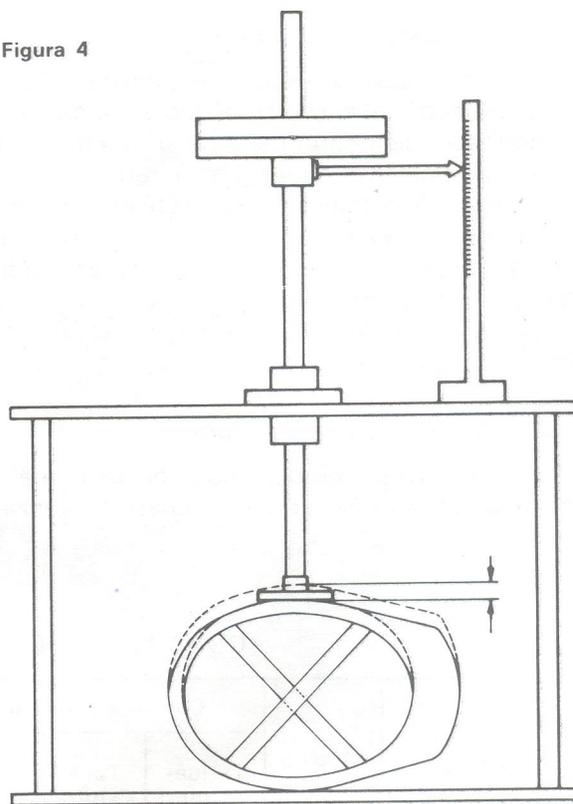
Este ensayo se ha realizado como se especifica en la Norma Francesa NF-S-72-201, sobre cascos nuevos, en condiciones normales y después de envejecimiento.

El ensayo consiste en aplicar sobre el casco un esfuerzo creciente en sentido transversal, mediante dos platos paralelos y medir las deformaciones que se producen para cada carga aplicada (figura 4).

El criterio de evaluación utilizado en este ensayo no ha sido exactamente el seguido en la normativa francesa, ya que en ésta, el ensayo se realiza a título facultativo para determinados tipos de cascos, generalmente fabricados con materiales rígidos, mientras que en el presente estudio, los valores de las deformaciones obtenidos se utilizan exclusivamente para contractar su comportamiento antes y después del envejecimiento.

En el siguiente cuadro se indican los valores obtenidos.

Figura 4



Ensayo de compresión lateral

CUADRO X. Ensayo de compresión lateral

Material	Muestra n.º	Condiciones normales					Envejecimiento natural				
		Cargas aplicadas (kgf) Deformaciones (mm)					Deformaciones (mm) con las cargas (kgf)				
		10	20	30	40	Def. Perm.	10	20	30	40	Def. Perm.
Polietileno	1	15 16	25 25	32 34	40 42	15 15	15 11	23 21	34 32	Rot. Rot.	— —
	2			58 54	Rot. Rot.		28 27	Rot. Rot.			
	3	18 17	27 26	30 29	35 35	14 14	Rot. Rot.				
	4	19 17	27 26	28 28	35 34	13 13	18 18	28 27	30 28	37 34	15 10
	5	35 32	Rot. Rot.				20 20	34 35	Def. Tot. Def. Tot.		
	6	8 8	19 20	20 21	26 28	8 9	7 5	15 14	20 Rot.	25 Rot.	11 —
ABS	8	14 17	32 31	45 44	48 48	5 5	15 13	28 35	33 45	44 48	3 5
	9	10 11	16 17	20 20	24 25	0 1	10 9	15 16	19 19	23 22	1 1
	10	10 7	17 9	18 19	24 24	4 0	7 6	13 12	19 19	24 25	1 1
Policarbonato		9	14	16	20	1	10	15	18	22	1
		8	15	14	19	0	10	15	18	21	1

c) *Ensayo de resistencia al choque*

Este ensayo consiste en dejar caer, desde 1,50 metros de altura sobre el casco colocado en la cabeza de prueba correspondiente, un percutor de 3 kg de masa con cabeza semiesférica de 45 mm de radio.

La evaluación de este ensayo consiste en determinar la fuerza transmitida a la cabeza de prueba, las roturas que puedan originarse en el casquete o arnés y si toca el casco la cabeza de prueba.

Los valores obtenidos en los ensayos realizados se indican en el cuadro XI.

d) *Ensayo de resistencia a la perforación*

Este ensayo consiste en dejar caer, desde una altura de 2 metros sobre el casco colocado en la cabeza de

prueba correspondiente, un percutor con punta cónica, con ángulo de  $35^\circ \pm 1$  y masa 500 gramos.

La evaluación de este ensayo consistió en determinar la profundidad de la perforación, si toca la cabeza de prueba y las roturas que puedan originarse (fotografías 8 y 9).

Los valores obtenidos en los ensayos realizados se indican en el cuadro XII.

e) *Conclusiones*

A la vista de los resultados obtenidos, se desprende que el comportamiento de los cascos frente a la degradación ambiental se ve influenciada fundamentalmente por el material utilizado en su fabricación, pero existen otros factores a tener en cuenta, tales como

**CUADRO XI. Ensayo de resistencia al choque**

Material	Modelo	Condiciones normales			Envejecimiento natural			Envejecimiento artificial		
		D.Hue-lla (mm)	Toca Cabeza	Rotura	D. Hue-lla (mm)	Toca Cabeza	Rotura	D. Hue-lla (mm)	Toca Cabeza	Rotura
Poliétileno	1	4,64	No	No	4,76	No	No	4,70	No	No
	2	4,54	No	No	4,60	No	No	4,80	No	No
	3	4,21	No	No	5,40	Sí	Sí	5,70	No	No
	4	4,62	No	No	4,75	No	No	4,80	No	No
	5	4,50	No	No	5,50	Sí	Sí	6,20	Sí	Sí
	6	4,44	No	No	4,80	No	No	4,70	No	No
	7	3,85	No	No	4,70	No	No	4,80	No	No
ABS	8	4,30	No	No	4,30	No	No	4,45	No	No
	9	4,66	No	No	4,80	No	No	4,80	No	No
	10	4,42	No	No	4,75	No	No	4,75	No	No
	11	4,25	No	No	4,65	No	No	4,70	No	No
Policarbonato	12	4,13	No	No	4,30	No	No	4,45	No	No
	13	4,65	No	No	4,40	No	No	4,40	No	No

**CUADRO XII. Ensayo de resistencia a la perforación**

Material	Modelo	Condiciones normales			Envejecimiento natural			Envejecimiento artificial		
		Pene-trac. (mm)	Toca cabeza	Rotura	Pene-trac. (mm)	Toca cabeza	Rotura	Pene-trac. (mm)	Toca cabeza	Rotura
Poliétileno	1	0	No	No	0,5	No	No	0	No	No
	2	0	No	No	1,0	No	No	1,5	No	No
	3	0	No	No	Total	Sí	Sí	Total	Sí	Sí
	4	0	No	No	3	No	No	5	No	No
	5	0,5	No	No	12	Sí	Sí	Total	Sí	Sí
	6	0,5	No	No	2	No	No	3	No	No
	7	1	No	No	1	No	No	2	No	No
Policarbonato	8	0	No	No	0	No	No	0	No	No
	9	0	No	No	0	No	No	0	No	No
	10	0	No	No	0	No	No	0	No	No
	11	0	No	No	0	No	No	0	No	No
ABS	12	0	No	No	0	No	No	0	No	No
	13	0	No	No	0	No	No	0	No	No

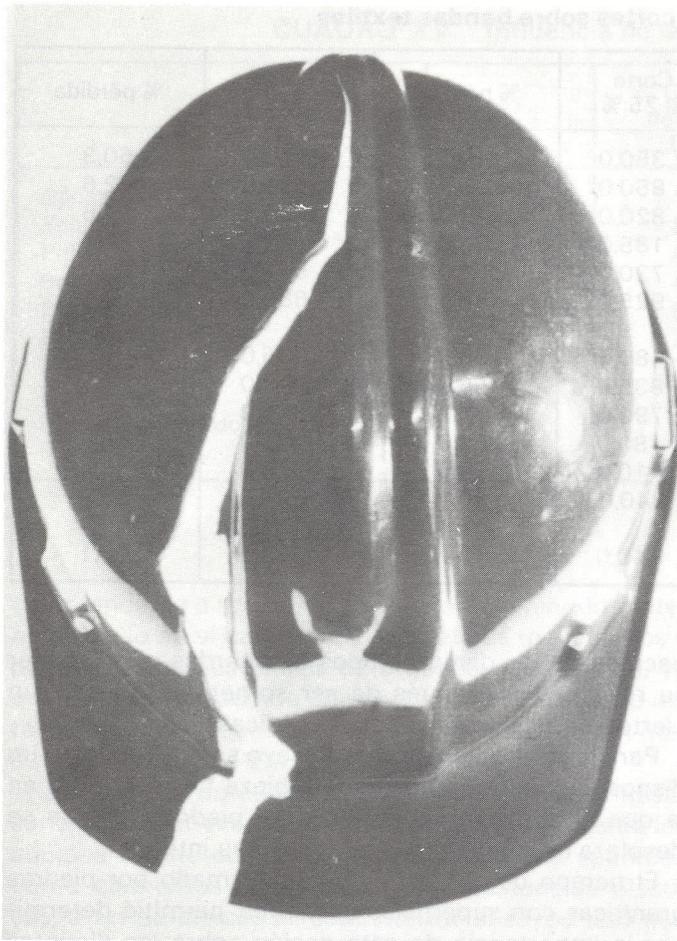


Foto 8.

procedencia, aditivos, colorantes, inhibidores, temperatura de moldeo, etc., que pueden modificar radicalmente su comportamiento.

En términos generales, podemos confirmar que los cascos fabricados en ABS y en policarbonato resultan ser bastante más resistentes a la degradación atmosférica que los fabricados en polietileno, aunque sería preciso realizar los ensayos con un mayor tiempo de exposición para poder conocer exactamente cuándo comienza la degradación en los primeros.

Para poder evaluar la acción del envejecimiento en los cascos, sería necesario incluir en las normas un ensayo de compresión lateral, a fin de poder detectar el envejecimiento de los materiales, ya que los resultados obtenidos en los ensayos de choque y perforación, en ocasiones no permiten cuantificar esta acción.

## 7. INFLUENCIA DE ACCIONES MECANICAS

Dado que en la vida media de un cinturón de seguridad inciden, además de los envejecimientos debidos a las radiaciones U.V., otro tipo de acciones, generalmente originadas por agentes mecánicos como cortes o abrasiones, se ha pretendido estudiar esta importante acción sobre los dos elementos componentes del cinturón que pueden resultar más afectados: las bandas textiles y las cuerdas de amarre.

Pasemos a analizar estas acciones sobre los citados elementos.

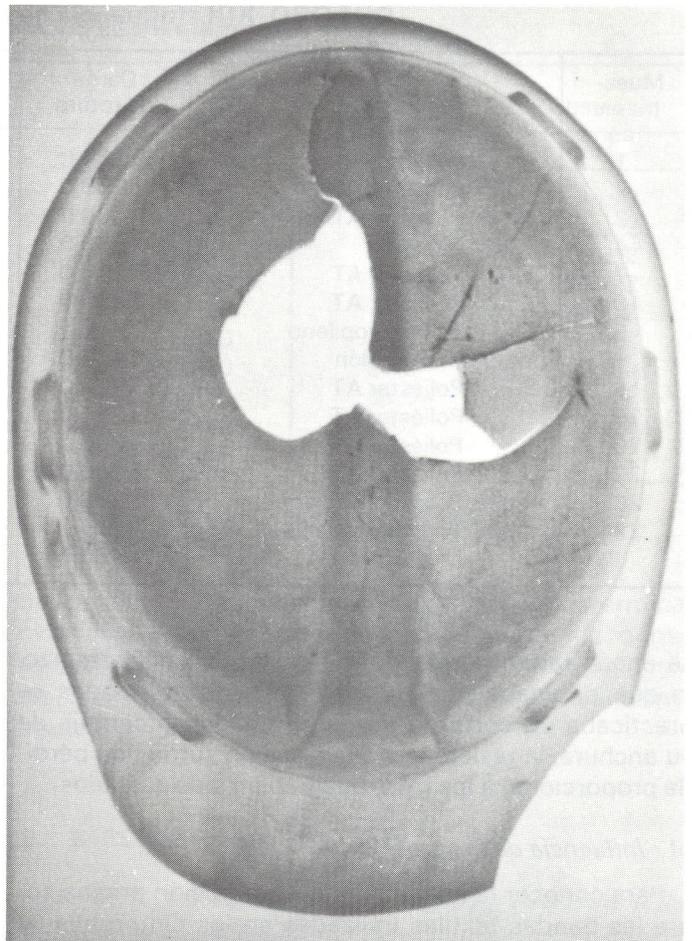


Foto 9.

### 7.1. Bandas textiles

#### a) *Influencia de los cortes*

Para conocer la influencia que un corte ocasional puede originar sobre las bandas textiles utilizadas en los cinturones de seguridad, se han seleccionado varias muestras de los materiales más utilizados y sobre las probetas a ensayar se han realizado cortes hasta alcanzar el 25 y el 50 % de la anchura de la banda.

Los resultados de los ensayos de tracción obtenidos sobre estas probetas, comparados con los valores medios de los obtenidos en condiciones normales, se indican en el cuadro XIII.

Del análisis de los resultados, se deduce cómo, cuando en las muestras de poliéster alta tenacidad se les practica un corte del 25 % de su anchura, las pérdidas de resistencia oscilan entre el 50 y el 75 % de su valor inicial, mientras que en las de polipropileno oscilan entre un 30 y un 40 %. Semejantes resultados se obtuvieron sobre las probetas en las que se practicaron cortes del 50 % de su anchura, ya que mientras en las muestras de poliéster alta tenacidad, las pérdidas de resistencia oscilan entre el 65 y 75 % de su valor, en las de polipropileno las pérdidas oscilan entre el 50 y el 60 %.

La observación realizada sobre las muestras puso de manifiesto que la explicación a estos resultados estaba más que en el material utilizado, en el sistema de fabricación de las bandas, correspondiendo los mejores resultados a aquellas en las que los hilos de urdimbre

**CUADRO XIII. Influencia de los cortes sobre bandas textiles**

Mues- tra n.º	Material	Carga de rotura	Corte al 25 %	% pérdida	Corte al 50 %	% pérdida
1	Polipropileno	2.267,0	1.350,0	40,4	900,0	60,3
2	Poliéster AT	2.150,0	850,0	60,5	590,0	72,6
3	Poliéster AT	1.600,0	820,0	49,0	550,0	65,6
4	Algodón	550,0	185,0	66,0	97,5	82,0
7	Poliéster AT	2.116,0	720,0	66,0	510,0	76,0
10	Poliéster AT	2.216,0	925,0	58,0	680,0	69,0
15	Tr: Polipropileno Ur: Algodón	453,0	180,0	60,3	105,0	77,0
16	Poliéster AT	1.900,0	835,0	56,0	595,0	68,7
19	Poliéster AT	3.200,0	790,0	75,0	1.060,0	67,0
20	Poliéster AT	3.083,0	1.480,0	52,0	1.090,0	64,6
22	Poliéster AT	2.200,0	910,0	58,6	670,0	69,5
23	Polipropileno	1.200,0	840,0	30,0	590,0	50,8
29	Tr: Polipropileno Ur: Poliéster AT	1.466,0	840,0	42,7	585,0	60,1

se encontraban paralelos en la dirección del esfuerzo, lo que originaba que cuando sobre estas bandas se practicaba un corte de un determinado porcentaje de su anchura, la resistencia a la tracción sufría una pérdida proporcional a los hilos que habían sido cortados.

**b) Influencia de la abrasión**

Para conocer la influencia que la abrasión origina sobre las bandas textiles utilizadas en los cinturones de seguridad, se han seleccionado varias muestras y se han sometido a un ensayo de abrasión consistente en colocar las muestras en una posición determinada sobre un tambor con una tela de esmeril 000 en su periferia, que gira a razón de 25 m/minuto.

Los resultados obtenidos después de completar 10.000 ciclos, se indican en el cuadro XIV.

De su análisis se deduce cómo los porcentajes de pérdida son muy variables, oscilando entre un 25 y 77 %, valores que se consideran elevados, si tenemos en cuenta la ligera abrasión a que se han sometido las muestras, como fácilmente puede observarse examinando las muestras sometidas a esta prueba.

**7.2. Elemento de amarre**

Teniendo en cuenta las condiciones de trabajo del cinturón, hemos considerado de interés conocer la ca-

pacidad de los distintos tipos de cuerdas para retener su resistencia, después de ser sometidos durante un cierto tiempo a frotaciones mecánicas.

Para la realización de este ensayo se ha empleado un dispositivo, consistente en una pieza troncocónica, en la que el abrasivo constituido por piedra granítica se desplaza manteniendo la cuerda en su interior.

El tiempo de abrasivo elegido, formado por piedras graníticas con superficies cortantes, permitió determinar la importancia de esta acción sobre los distintos tipos de cuerdas ensayadas.

Los resultados obtenidos después de completar 500 ciclos se indican en el cuadro XV.

Del análisis de los resultados obtenidos, se deduce cómo el porcentaje de pérdida de resistencia alcanza valores muy poco uniformes, oscilando entre un 4 y un 75 %, dependiendo del número de coronas, tipo de trenzado, material, etc.

**8. CONCLUSIONES**

Como conclusión final a cuanto hemos expuesto, se deduce lo siguiente:

1.º Dada la diversidad de resultados obtenidos en los ensayos realizados sobre diferentes medios de protección, incluso con materiales de igual naturaleza,

**CUADRO XIV. Influencia de la abrasión sobre bandas textiles**

Mues- tra n.º	Material	Carga de rotura (kgf)	Carga rotura después de 10.000 ciclos	Porcentaje pérdida resistencia
3	Poliéster AT	1.600,0	850,0	47,0
16	Poliéster AT	1.900,0	580,0	69,5
19	Poliéster AT	3.200,0	2.350,0	26,5
20	Poliéster AT	3.083,0	1.205,0	61,0
23	Polipropileno	1.200,0	760,0	36,6
24	Polipropileno	1.800,0	1.035,0	42,5
25	Tr: Polipropileno Ur: Poliéster AT	1.466,0	335,0	77,1

**CUADRO XV. Influencia de la abrasión sobre elementos de amarre**

Material	Ø (mm)	Carga de rotura (kgf)	Carga rotura Pr. abrasión.	% pérdida resistencia	Observaciones
Cáñamo .....	14	1.440,0	360,0	75,0	Trenz. Z
Polietileno .....	15	895,0	780,0	12,8	Trenz. Z
Polietileno .....	12	440,0	320,0	27,2	Trenz. Z
Polietileno .....	13	480,0	340,0	29,1	Trenz. Z
Poliéster AT.....	12	1.840,0	1.760,0	4,3	Trenz. Z
Poliéster AT.....	10	1.340,0	1.100,0	17,9	Trenz. Z
Nailon .....	12	2.200,0	1.600,0	27,2	Braidline
Nailon .....	11	2.200,0	1.500,0	31,8	Trenz. Z
Nailon regenerado .....	14	920,0	460,0	50,0	Trenz. Z
Polipropileno .....	12	1.420,0	1.060,0	25,3	Trenz. Z

debe tenderse a no excluir de las normas ningún material, incluso en el caso de las poliolefinas (polietilenos y polipropileno), sustancias de probada degradación, ya que como se ha podido comprobar, la presencia de estabilizadores adecuados pueden aumentar en gran medida su resistencia a la degradación ambiental.

2.º De acuerdo con lo expuesto, se considera necesario potenciar el estudio de los envejecimientos de los equipos de protección personal, en los que aparecen como elementos componentes las sustancias plásticas, a fin de conseguir estandarizar ensayos tipo que permitan evaluar la pérdida de características funcionales de los equipos.

El estudio del envejecimiento sobre otros materiales no plásticos, como es el caso de los elementos metálicos de los cinturones de seguridad, no parece en principio merezcan ser estudiados, ya que se considera suficiente con exigir en las normas la utilización de materiales inoxidables o protegidos superficialmente contra la corrosión mediante recubrimientos adecuados (cadmiado, niquelado, zincado, etc.), toda vez que con anterioridad a la pérdida de resistencia de estos elementos y a la degradación experimentada por los restantes componentes de los equipos, se habrá puesto de manifiesto una pérdida de su funcionalidad y una acusada presencia de corrosión que motivará su sustitución.

3.º Estos ensayos tipos deben comprender la determinación de la pérdida de alguna propiedad funcional experimentada por las muestras envejecidas en cámara de radiaciones U.V., dotadas de pulverizador de agua.

Estas propiedades deben ser:

a) Resistencia a la tracción de los elementos componentes de los cinturones de seguridad (bandas textiles y elementos de amarre).

b) Resistencia a la tracción de los nudos en las redes de seguridad.

c) Resistencia al choque, a la perforación y ensayo de compresión lateral en los cascos de protección.

4.º Aun considerando importante para determinar la vida media de los equipos de protección personal, la acción degradable que ejerce sobre los mismos el medio ambiente, al no manifestarse en ocasiones de for-

ma ostensible, no debe descartarse de esta determinación otro tipo de acciones generalmente de origen mecánico que inciden en igual o superior cuantía, y a las que con frecuencia no se les presta la suficiente atención.

## 9. BIBLIOGRAFIA

Mayer, A.: «Casques de protection pour l'industrie MM.» (INRSS).

NF-S-72-201 (1979) «Casques de protection pour l'industrie».

NF-P-93-315 (1972) «Filts de sécurité en nappe nouée en textiles chimiques a base de polymères synthétiques».

Norma MT-1: Cascos de seguridad no metálicos.

Cortés, J. M.: «Cinturones de seguridad. Efectos de la intemperie y de las radiaciones U.V. sobre las cuerdas de amarre». Técnica Industrial, enero-febrero 1977.

Cortés, J. M.: «Cuerdas de amarre para cinturones de seguridad. Consideraciones para su elección».

Cortés, J. M.: «Redes de seguridad. Estudio físico-experimental. Pruebas fundamentales. Degradación por agentes atmosféricos».

Noel, G.: «Etude sur le vieillissement naturel et artificiel des casques de protection». (CEBIP).

ANSI A 10.14-1975 «Requeriments for Safety Belts, Harnesses Lanyards, Lifelines and drap lines for construction and Industrial use».

NF S-71-020, julio 1974 y julio 1978 «Equipement individuels de protection contre les chutes».

DIN 7470 «Sicherheitsgeschirre. Sicherheitsgurte für abs-turzgefährdete personen».

NBN S04-101 (1975) «Ceintures de sécurité en fibres synthétiques pour usage industriel».

Cortés, J. M.: «Estudio y resultados obtenidos en la puesta a punto de un método de ensayo de tracción para cuerdas e incidencias que sobre el mismo tienen distintos tipos de envejecimientos» VII Coloquio Nacional de Medicina, Higiene y Seguridad del Trabajo (Sevilla 1974).

UNI-7154-72 «Elmeti da lavoro, Classificazione e requisiti generali».

BS-CP-93 (1972) «Code of Practice for the use of safety nets on constructional works».

ANSI A 10.11-1971 «Minimum requirements for safety nets».

BS-1397 (1967) «Industrial safety belts and harnesses».

NBN-S03-101 «Casques de sécurité a usage industriel».