

Estudio comparativo entre los envejecimientos naturales y artificiales acelerados en los equipos de protección personal (I)

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.

INTRODUCCION

Si bien resulta de todos conocido cómo la acción del medio ambiente incide notablemente en la pérdida de características técnicas de los medios de protección personal, no resulta menos cierto que con frecuencia se recurre a esta acción para explicar el estado de uso en que se encuentra un determinado equipo.

La especial influencia de las radiaciones ultravioletas en la degradación de determinadas sustancias plásticas, utilizadas en los equipos de protección personal, unido a ser nuestro país uno de los que poseen un mayor número de horas de sol al año, han pesado en gran medida a la hora de abordar el estudio de este tema.

Con este trabajo, extractado de la ponencia expuesta por los autores en el II Coloquio Internacional sobre equipos de protección personal, celebrado en Torremolinos el pasado mes de mayo con el título «Estudio comparativo entre los envejecimientos naturales y artificiales acelerados en cinturones de seguridad y otros medios» se pretende estudiar la influencia de esta acción degradable en determinados medios de protección personal, a partir de los resultados obtenidos sobre equipos o elementos expuestos a la intemperie y sometidos a envejecimientos acelerados en cámara de radiaciones ultravioletas, a fin de poder determinar en qué medida la exposición prolongada a la intemperie puede influir en la vida media de un equipo de protección.

El presente estudio, realizado en el Centro Nacional de Medios de Protección de Sevilla, se ha centrado exclusivamente sobre los medios de protección personal frente a los riesgos de caídas de objetos o personas (cascos de protección, cinturones de seguridad y redes de protección), de los que en este Centro se dispone de amplia experiencia.

1. ESTUDIO DE LA NORMATIVA INTERNACIONAL

1.1. Envejecimientos

Realizado un detenido análisis de la normativa internacional más conocida existente sobre algunos equipos de protección personal, en los que de forma más especial incide esta acción debido a su exposición prolongada a las radiaciones solares, en lo que se refiere a la inclusión en ellas de alguna prueba para evaluar esta acción, podemos observar cómo, en general, la importancia dada al tema del envejecimiento ha sido prácticamente nula, si exceptuamos las Normas NF-S 72-20 (1979) «Casques de protection pour l'industrie», NF-P-93-311 (1972), «Filts de sécurité en nappe nouée en textiles chimiques a base de polymères synthétiques» y UNI-7154-72 «Elmetti da lavoro. Termini, classificazione e requisiti generali», aunque con distinto tratamiento en cada una de ellas, como podemos ver en el siguiente cuadro:

CUADRO I

Norma	Ensayo de envejecimiento	Evaluación
NF-S-72201	Consistente en someter los cascos a la acción de una lámpara de xenon de 450 W, durante 400 horas.	Ensayo de resistencia a la penetración.
UNI 7154-72	Consistente en someter los cascos a la acción de una lámpara de xenon de 6.000 W, durante 48 horas.	Ensayo de resistencia al choque y perforación.
NF-P-93-311	Determina el envejecimiento de la red a partir de la pérdida de resistencia de nudos dispuestos conjuntamente con la red durante su utilización.	Resistencia a la tracción de los nudos. Una pérdida superior al 25 % aconsejan su sustitución.

Por otra parte, existen algunas normas, como veremos seguidamente, en las que de forma indirecta ha sido incluido este tema, al prohibir el empleo de determinados materiales de probada degradación a la intemperie, en la fabricación de equipos de protección personal.

1.2. Materiales

Realizado un detenido análisis de la normativa internacional más conocida sobre los equipos de protección personal estudiados, se ha podido observar cómo, si bien en la mayoría de las normas no se hace ninguna mención expresa a los materiales a utilizar, en algunas de ellas se observa cierta alusión, aunque con criterios diferentes.

Mientras en unas se sigue el criterio de indicar aquellos materiales cuyas prestaciones, suponemos, habrán sido contrastadas adecuadamente, en otras se sigue el criterio de prohibir aquellos materiales cuyas características no se consideran adecuadas a las prestaciones que se le exigen.

Dentro del primer grupo podríamos citar, entre otras, las normas DIN 7470 (1973) «Sicherheitsgeschirre, Sicherheitsgurte für absturzgefährdete Personen» y BS-1397 (1967) «Industrial safety belts and harnesses» sobre cinturones de seguridad, y las normas ANSI-A10.11 (1971) «Minimum requirements for safety nets» y BS-CP-93 (1972) «Code of Practice for the use of safety nets on constructional works» sobre redes de seguridad.

En el cuadro II podemos apreciar las alusiones concretas a los materiales que se hacen en las citadas normas.

Dentro del segundo grupo, es decir, en las que se incluye alguna prohibición expresa de materiales, podríamos citar las normas ANSI A10.14 (1975) «Requirements for safety belts, harnesses, lanyards, lifelines, and drop lines for construction and industrial use» y NF-S 71-020 (1978) «Equipements individuels de

protection contre les chutes» en las que se prohíbe el empleo del cuero y de las poliolefinas (polietilenos y polipropilenos), respectivamente, y la norma NBN S03-101 «Casques de securite a usage industriel», en la que se excluye el empleo del PVC, polipropileno y poliestireno en la fabricación de cascos.

De todo ello se deduce, que así como las normas que prohíben el empleo de materiales que en ellas se indican, se basan en criterios experimentales, motivados por una conocida degradación de los materiales excluidos para estos usos, no ocurre lo mismo en el caso de las normas en las que se citan los materiales a utilizar, ya que en algunos casos se llega a recomendar el uso de materiales como el polipropileno, cuyo comportamiento frente a las radiaciones U.V. resulta de sobra conocido.

2. EL ENVEJECIMIENTO EN LA NORMATIVA NACIONAL

2.1. Antecedentes

De la importancia dada a este tema en el Centro Nacional de Homologación, puede servir de muestra que prácticamente entre los primeros ensayos realizados en este Centro, al año de su puesta en funcionamiento, se encuentra precisamente el estudio de las características a exigir a las cuerdas de amarre de cinturones de seguridad, al considerar a este elemento como pieza fundamental del mismo.

Del resultado de los estudios realizados, así como del análisis de las circunstancias que inciden en el cinturón durante su uso, se llegó a la conclusión, ya en 1974, de que las cuerdas de amarre de los cinturones de seguridad debían reunir las siguientes características:

a) Elevada resistencia a la tracción (superior a los 1.000 kgf).

CUADRO II

Norma	Bandas textiles	Elemento de amarre	Hilos de costuras	Cuerdas e hilos de malla
DIN-7470	Poliamida brillante y perlón.	Poliamida brillante, perlón y cáñamo.	Poliamida y poliéster.	
BS-1397	Lino, algodón, nailon poliéster alta tenacidad y cuero.	Manila, cáñamo italiano, nailon, poliéster alta tenacidad y polipropileno.	Lino y cáñamo.	
ANSI-A10.11				Manila, nailon y polipropileno.
BS-CP-93				Nailon, poliéster, polipropileno (*), polietileno (*), sisal (*) con estabilizadores.

- b) Elevada resistencia a la abrasión.
- c) Flexibilidad.
- d) Elevado índice comparativo resistencia/peso.
- e) «Escaso poder de degradación por la acción del medio ambiente (frío, calor, humedad, radiaciones U.V., lluvia, etc.)»

Si bien los ensayos realizados sobre diferentes muestras de cuerdas de polietileno, nailon, poliéster, pita y cáñamo (basados exclusivamente en envejecimientos naturales), no fueron lo suficientemente largos, ni se realizaron durante igual período de exposición en todas las muestras como para poder obtener unas conclusiones. El resultado del estudio puso de manifiesto un elevado porcentaje de pérdida de resistencia mecánica en las cuerdas de polietileno, una pérdida aceptable en las cuerdas de nailon y poliéster y una inapreciable incidencia en las cuerdas de fibras naturales.

Posteriores trabajos, realizados en 1977 y publicados con el título de «Cinturones de seguridad. Efectos de la intemperie y de las radiaciones U.V. sobre las cuerdas de amarre», permitieron, por una parte, determinar el comportamiento de las cuerdas de amarre utilizadas en cinturones de seguridad frente a las radiaciones solares, y por otra, establecer una correlación entre los resultados obtenidos a partir de envejecimientos realizados en estaciones, situadas al aire libre y los realizados en laboratorio, en cámara de radiaciones U.V.

Este segundo estudio se realizó exclusivamente sobre cuerdas de fibras artificiales (poliéster, nailon, polietileno, polipropileno y nailon), descartando las fabricadas con fibras naturales, toda vez que difícilmente podríamos deducir la influencia de las radiaciones solares descartándola de la acción biodegradable producida por mohos, podredumbre y microorganismos, amén de la posible diferente procedencia y tratamiento de las fibras utilizadas.

Este trabajo concluyó estableciendo la necesidad de excluir las cuerdas de polietileno y polipropileno para aquellos usos en las que se preveían largos tiempos de exposición a las radiaciones solares, recomendando el uso de las cuerdas de poliésteres y poliamidas.

Las conclusiones fueron tan evidentes que motivaron el que en la normativa nacional sobre cinturones de seguridad y redes de protección se incluyese el resultado del citado estudio.

Así, las normas UNE 81353 «Cinturones de seguridad. Clase A: Cinturones de sujeción»; UNE 81354 «Cinturones de seguridad. Clase B: Cinturones de suspensión»; Propuesta UNE 81355 «Cinturones de seguridad. Clase C: Cinturones de caída» y UNE 81650 «Redes de seguridad: Características y ensayos», incluyeron de forma un tanto precipitada el tema estudiado, como fácilmente puede deducirse de la simple observación de las normas citadas, en las que el resultado del citado estudio fue colocado como introducción a las normas y el ensayo de envejecimiento como apéndice de las mismas.

A propuesta de los componentes del Grupo de Trabajo encargado de la elaboración de las citadas normas, por parte de los Técnicos del Centro Nacional de Homologación, ponentes de las mismas, se redactó

para su inclusión en las normas citadas la siguiente introducción:

«Dado que en el comportamiento de las fibras sintéticas de polietileno y polipropileno frente a las condiciones ambientales de intemperie se han detectado mermas importantes e imprevisibles en sus características mecánicas, se debe excluir el uso de estos dos materiales en la fabricación de cinturones o redes de seguridad, a menos que se introduzcan nuevas técnicas o métodos que garanticen el mantenimiento de sus prestaciones frente a los citados agentes. Esto se verificará rigurosamente mediante la realización de pruebas adicionales, que figuran en el apéndice.»

«Idénticas comprobaciones deberán realizarse siempre que se introduzcan en su fabricación nuevas fibras, cuyo comportamiento no sea suficientemente conocido en estas aplicaciones.»

En relación con las Normas Técnicas Reglamentarias relativas a Cinturones de seguridad, MT-13 «Cinturones de seguridad: Definiciones y Clasificación. Cinturones de sujeción»; y MT-21 «Cinturones de seguridad. Cinturones de suspensión», hemos de hacer constar que en ellas no se hizo ninguna alusión al tema, por considerar que en estos tipos de cinturones la acción degradable debido a las radiaciones, con ser importante, no era la más significativa, pues por su forma de utilización, en su vida media podrían incidir con más intensidad otras acciones de tipo mecánico como abrasiones, cortes, etc., que se manifestarían con más intensidad, aconsejando su retirada de servicio.

No obstante, en la Norma MT-22 «Cinturones de seguridad. Cinturones de caída», en su apartado 5.2., Características Especiales, se especifica que «cuando en la confección de algún elemento integrante del cinturón figuren el polipropileno, el polietileno o se introduzca una fibra de comportamiento no suficientemente conocido en estas aplicaciones, se procederá a efectuar las pruebas adicionales del apéndice de la norma».

Como puede apreciarse en el presente párrafo, ya en esta norma se recogió de forma general el que en la fabricación de las citadas fibras, las nuevas técnicas pudiesen introducir determinados inhibidores que disminuyan su degradación, por lo que el ensayo que se incluye como apéndice de la norma se aplica con carácter general, tanto a las fibras de polietileno y polipropileno como a otros cuyo comportamiento no sea conocido suficientemente, con lo que se sigue manteniendo el criterio de este Centro de no citar ni prohibir materiales en las normas MT, sino la de obligar a los elementos integrantes de los equipos de protección personal a salvar una serie de pruebas que garanticen sus prestaciones.

2.2. Criterios actuales del Centro Nacional de Homologación

La introducción en la normativa elaborada por el CNH de unos requisitos previos a los ensayos que tuvieran en cuenta la influencia de características ambientales y climáticas, ha sido una práctica usual en cuantos estudios se han venido realizando de los diferentes equipos de protección personal.

En un principio, y de acuerdo con lo establecido usualmente en las técnicas de ensayo, se tuvo en cuenta el preparar las muestras previamente a la realización de las pruebas. Según este principio, la muestra se ensayaba en una determinada prueba, estando en unas condiciones prefijadas.

Se denominó *Acondicionamiento* a esta preparación de las muestras.

Una vez en curso de investigación y obtenidos los primeros datos experimentales, se concluyó en el Centro Nacional de Medios de Protección que el efecto de las condiciones climáticas y ambientales sobre los equipos afectaban los materiales empleados en su fabricación, en mayor o menor cuantía; en períodos de tiempo cuya duración no podía establecerse *a priori*, dado el número de variables que incidían en el fenómeno.

La problemática planteada hizo que se pensase en que la degradación de los materiales utilizados en la fabricación de los equipos de protección personal, a lo largo del tiempo, afectaría las características, tanto resistentes como funcionales de éstos. No se trataba ya de un acondicionamiento, dado que el corto espacio de tiempo en que éstos se conseguían hacía que las características de temperatura, humedad, etc., no afectarían a los materiales.

Los diferentes estudios realizados aconsejaron que se introdujese en determinados equipos un nuevo requisito a tener en cuenta en las pruebas de verificación, que se denominó *Envejecimiento*.

Dada la cantidad de variables que inciden en el envejecimiento y los largos períodos de exposición que se requieren, no sólo en unas condiciones fijas sino fluctuantes, se comprende que el problema resulte enormemente complejo.

Cuando se trata de incluir un envejecimiento en una norma, se ha de tener en cuenta fundamentalmente el factor tiempo, ya que si éste es excesivamente largo, se precisa hacerlo asequible al laboratorio; de ahí, que deban establecerse dos tipos de envejecimientos, en función del tiempo de exposición. De un lado, el envejecimiento natural y de otro, el envejecimiento acelerado mediante equipos adecuados.

Para fijar las características de estos envejecimientos, han de tenerse en cuenta las circunstancias que inciden en el equipo, que vendrán dadas en función de variables climáticas o ambientales fijas o cíclicas (temperatura, humedad, radiaciones), tiempos de exposición y características del material a envejecer.

Actualmente se tienen definidos en el Centro Nacional de Medios de Protección envejecimientos acelerados en las Normas MT-27 «Botas impermeables al agua y a la humedad» y CNH-10.804/81 «Dispositivos personales utilizados en las operaciones de elevación y descenso. Dispositivos anticaída». En estas normas ya se hace una diferenciación clara de los conceptos Acondicionamiento y Envejecimiento, siendo criterio del Centro Nacional de Medios de Protección ir introduciendo estos nuevos ensayos en futuras normas, en función de los resultados que se vayan obteniendo en los trabajos de investigación que actualmente se realizan.

3. INSTALACIONES UTILIZADAS

3.1. Envejecimiento natural

a) *Envejecimiento natural de elementos textiles o plásticos*

Como sabemos, el Sol constituye un importante factor de degradación de los materiales plásticos, siendo preciso para poder determinar la influencia de esta acción, de largas exposiciones a la intemperie de los elementos que queremos estudiar.

Todos hemos visto cómo la mayoría de los plásticos modifican alguna de sus propiedades cuando se les expone a la luz y particularmente a la luz solar, como consecuencia de la absorción de la energía radiante luminosa por las estructuras químicas que lo forman, a pesar de que la mayoría de las ondas son absorbidas o destruidas antes de alcanzar la superficie de la tierra.

En este sentido, la energía solar de carácter electromagnético recibida desde el Sol a la Tierra, al atravesar la atmósfera interacciona con ella, dando lugar a atenuaciones de la misma, debidas fundamentalmente a:

- Variaciones en la distancia Tierra-Sol.
- A la masa de aire atravesada.
- A la absorción atmosférica por el ozono, vapor de agua y dióxido de carbono, y
- A la dispersión.

En la figura 1 puede apreciarse claramente lo anteriormente expuesto, así como la inclinación más adecuada en Sevilla 37° , para absorber la mayor cantidad de energía directa, difusa o global, emitida por el Sol.

El comportamiento de los materiales plásticos al envejecimiento y a los agentes atmosféricos depende de muy diversos factores, originándose cambios en su estructura molecular, fundamentalmente debido a las siguientes causas:

- Agentes químicos ambientales (oxígeno atmosférico, humos, ácidos y agua).
- Calor.
- Luz ultravioleta.
- Radiaciones de alta energía.

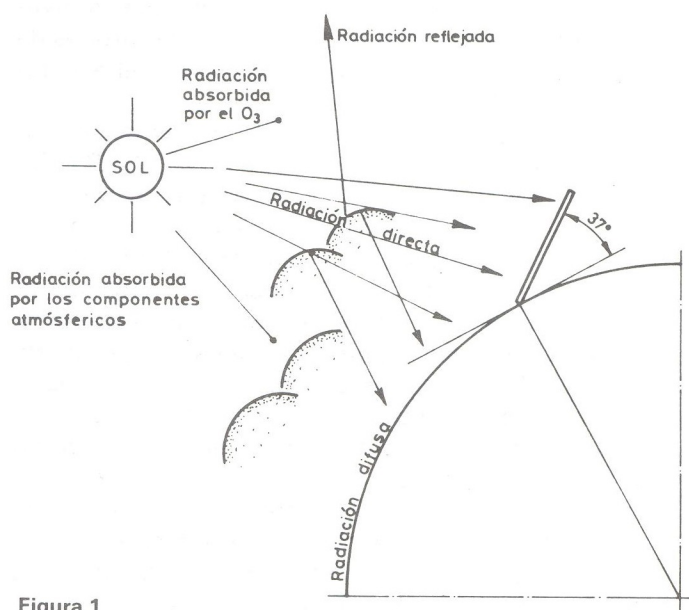


Figura 1

Pero si estas acciones sobre las sustancias plásticas son poco conocidas, al existir conjuntamente con los polímeros otros ingredientes tales como cargas, catalizadores, plastificantes, estabilizadores, colorantes, endurecedores, etc., que pueden resultar igualmente afectados por los agentes indicados, el problema se complica sobremanera, máxime si tenemos en cuenta que estos ingredientes, además de responder de distinta forma a la acción de los agentes químicos y a la energía radiante, pueden interactuar entre sí y cada uno de ellos con la macromolécula, de tal forma, que los efectos de los agentes señalados resultan modificados por estas interacciones, por lo que su comportamiento frente a los agentes atmosféricos puede ser específico de cada caso concreto.

Pero, para poder estudiar el comportamiento de los equipos de protección personal frente a las radiaciones solares, no es suficiente con conocer el comportamiento de las sustancias plásticas que intervienen en su fabricación, sino que es preciso realizar exposiciones a la intemperie de elementos o componentes de los mismos, toda vez que en el proceso de fabricación, los enlaces moleculares pueden iniciar el proceso de degradación y, en algunos casos, los antioxidantes empleados en el proceso pueden convertirse en puntos de iniciación de reacciones de naturaleza fotoquímica.

De acuerdo con lo expuesto, los ensayos de envejecimiento natural habrán de realizarse sobre equipos o elementos del mismo, siendo preciso disponer al menos de los siguientes datos:

- cantidad de agua de lluvia caída (litro/m²);
- temperaturas máxima y mínima medias durante la exposición;
- humedad relativa;
- radiaciones recibidas por las muestras;

por lo que estas instalaciones deben estar dotadas de un pluviómetro, un termohigrógrafo y un radiómetro o medidor de radiaciones, dotado de registrador automático que suministre datos acerca de la cantidad de energía recibida por las muestras ensayadas.

En este sentido, en el Centro Nacional de Homologación se están realizando los estudios necesarios, a fin de poder contar en un futuro próximo con los medios necesarios para poder determinar la cantidad de energía radiante recibida por las muestras, lo que permitirá establecer una relación más correcta entre los resultados obtenidos sobre muestras envejecidas de forma natural con las envejecidas artificialmente en cámara de radiaciones U.V.

No obstante lo anterior, los estudios realizados, en los que se han tenido en cuenta las horas de sol, temperaturas medias, humedad relativa y cantidad de lluvia caída sobre las muestras, se consideran perfectamente válidos, toda vez que a partir de los datos que aquí se suministran podrán sacarse las conclusiones que se desee para otros puntos geográficos, de donde se dispongan datos de horas de sol. En un futuro, esta misma comparación podría establecerse a partir de los datos de radiación global obtenidos, si se conocen los del lugar al que se desee extrapolar los resultados.

Para realizar los envejecimientos naturales, se instaló en la terraza del Centro Nacional de Homologación,

en Sevilla, situada a unos doce metros de altura, una serie de soportes metálicos, con un emparillado en la zona destinada para la colocación de las muestras de cascos sometidos a estudio y un sistema de pinzas para la fijación de las bandas, a fin de, en todo caso, facilitar la entrada libre de aire a través de las muestras (fotografías 1, 2 y 3).

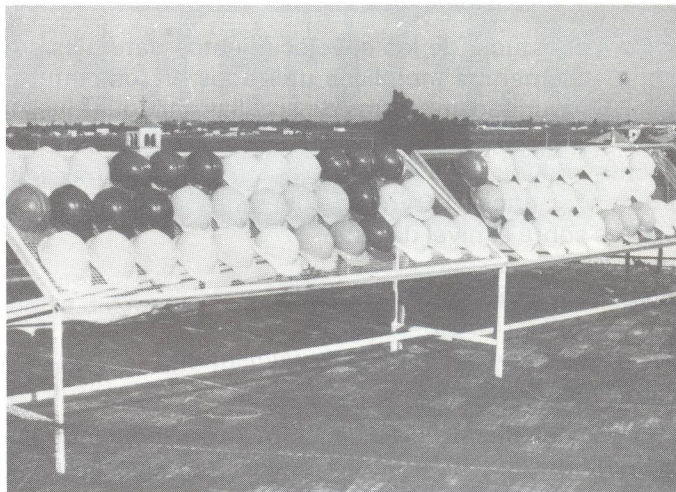


Foto 1

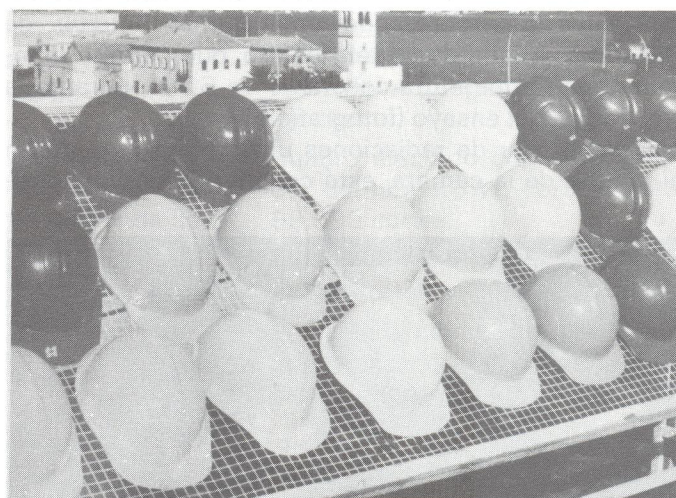


Foto 2

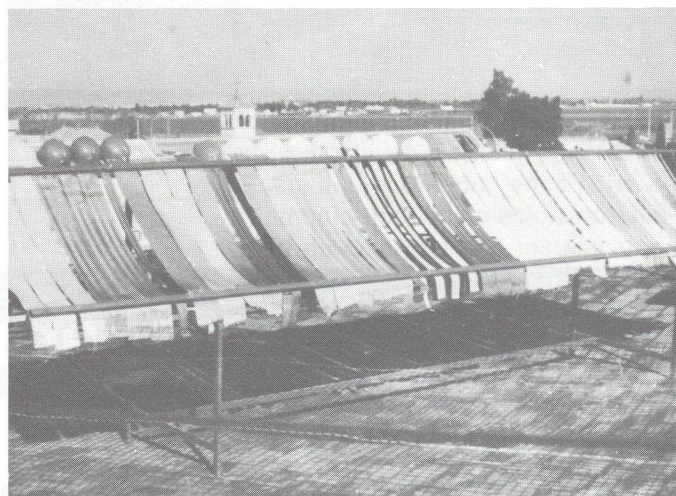


Foto 3

El emparrillado o el sistema de fijación permite que las muestras se coloquen inclinadas, formando 37° con la horizontal y a una distancia no inferior a 0,5 metros del suelo. La colocación de los soportes se realizó de forma que las muestras quedaron orientadas al mediodía.

b) Componentes metálicos

Para el estudio de los envejecimientos naturales sobre los elementos metálicos utilizados en los cinturones de seguridad, muestras de argollas, mosquetones y hebillas se dispusieron en una estación de envejecimiento situada en la Costa de la Luz, en Matalascañas (Huelva), a unos 100 metros del mar y a unos 8 ó 10 metros sobre el nivel de éste.

3.2. Envejecimiento artificial

a) Envejecimiento artificial de elementos textiles o plásticos

El envejecimiento artificial se realizó exponiendo las muestras a la acción de las radiaciones que produce una lámpara, cuyo espectro ultravioleta es muy semejante al producido por las radiaciones solares, instalada en el interior de una cámara (fotografía 4).

Esta cámara está constituida fundamentalmente por una cuba de acero, con un volumen interior de 350 dm^3 , dotada de un termostato, que permite mantener una temperatura constante de 60° C , durante la realización del ensayo (fotografía 5).

El generador de radiaciones ultravioleta, situado en el interior de la cámara, está constituido por una lám-

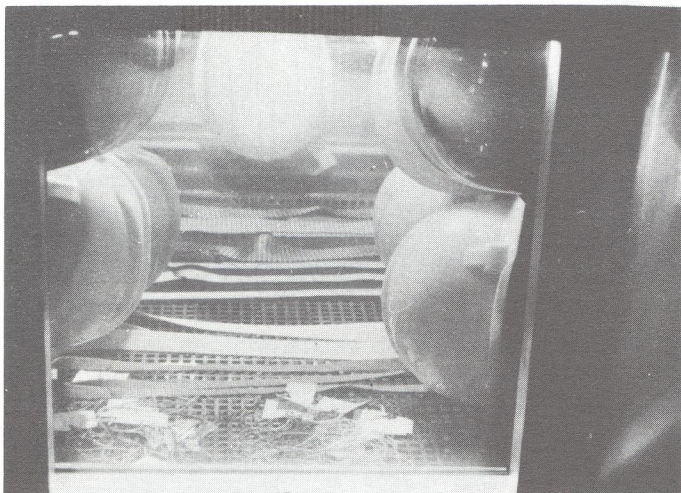


Foto 4



Foto 5

para de xenon de alta potencia, tipo XBF, cuyas características principales son:

— Potencia absorbida	2.500 W.
— Flujo luminoso	77.000 Lm.
— Luminancia	3.300 cd/cm^2 .

b) Envejecimiento artificial de elementos metálicos

El envejecimiento artificial de los elementos metálicos utilizados en los cinturones de seguridad se realizó exponiendo las unidades seleccionadas en el interior de una cámara, a la acción de una niebla salina a $35 \pm 1^\circ \text{ C}$, obtenida a partir de una disolución al 5 % de cloruro sódico y con una concentración media tal, que permite recoger en el interior de la cámara, sobre una superficie horizontal de 80 cm^2 , $2.^\circ$ 1 mililitro de solución por hora.

El ciclo de envejecimiento se realizó manteniendo las muestras durante 4 horas en el interior de la cámara bajo la acción de la niebla, seguido de 20 horas en ausencia de ésta, hasta conseguir una corrosión apreciable en las muestras.

(Continuará)

para mayor información
utilice la tarjeta del lector