



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería Mecánica**

# **Montura de gafas y desarrollo de un modelo físico**

**Autor:**

**Espinel Pérez, Javier**

**Tutor:**

**Esandi Baztán, María Ángeles**

**Dpto. Ciencia de los Materiales e  
Ingeniería Metalúrgica, Expresión Gráfica  
en la Ingeniería, Ingeniería Cartográfica,  
Geodesia y Fotogrametría, Ingeniería  
Mecánica e Ingeniería de los Procesos  
de Fabricación**

**Valladolid, Septiembre 2021.**



## **Resumen**

Este proyecto pretende realizar el diseño y la fabricación de una protección lateral auxiliar para una montura de gafas estándar.

La metodología de Bruno Munari para el diseño de objetos es la forma elegida para realizar el diseño de la pieza, y la impresión 3D mediante estereolitografía es la tecnología seleccionada para su fabricación.

## **Palabras clave**

Impresión 3D

Estereolitografía

Metodología de Bruno Munari

Montura de gafas

Protección auxiliar

## **Abstract**

This project aims to design and manufacture an auxiliary side protection for a standard frame glasses.

Bruno Munari's methodology for the design of objects is the chosen way to make the design of the piece, and 3D printing by stereolithography is the selected technology for its manufacture.

## **Key words**

*3D Printing*

*Stereolithography*

*Bruno Munari's methodology*

*Frame Glasses*

*Auxiliary protection*

## Índice de contenidos

	Pág.
1. Introducción y objetivos	9
2. Impresión 3D	11
2.1. Historia	11
2.2. Técnicas de fabricación aditiva	12
3. Diseño de objetos según Bruno Munari	15
4. Aplicación práctica de la metodología de Munari	19
4.1. Problema inicial	20
4.2. Idea inicial	21
4.3. Elementos del problema	22
4.4. Materiales y tecnología	30
4.5. Creatividad	32
4.6. Planos constructivos	49
5. Conclusiones	53
6. Líneas Futuras	53
7. Bibliografía	54
8. Anexos	56

## Índice de figuras

Figura 1 Proceso de Modelado por deposición fundida

Figura 2 Proceso de Estereolitografía

Figura 3 Proceso de Sinterizado selectivo por láser

Figura 4 Metodología de diseño de Bruno Munari

Figura 5 Gafas de seguridad de montura universal

Figura 6 Gafas de seguridad con protección lateral

Figura 7 Patente US6910767B2

Figura 8 Patente USD740351S1

Figura 9 Patente US10627652B2

Figura 10 Impresora 3D Form3

Figura 11 Objetos fabricados con la resina 80A

Figura 12 Vista frontal de la montura 1

Figura 13 Vista lateral de la montura 1

Figura 14 Vista 3D del primer paso de Catia

Figura 15 Vista frontal del primer paso de Catia

Figura 16 Vista 3D del segundo paso de Catia

Figura 17 Vista lateral del segundo paso de Catia

Figura 18 Vista 3D del tercer paso de Catia

Figura 19 Vista lateral del tercer paso de Catia

Figura 20 Vista 3D del cuarto paso de Catia

Figura 21 Vista lateral del cuarto paso de Catia

Figura 22 Vista 3D trasera de la primera maqueta

Figura 23 Vista 3D lateral de la primera maqueta

Figura 24 Vista 3D frontal de la primera maqueta

Figura 25 Vista 3D del quinto paso de Catia

Figura 26 Vista posterior del quinto paso de Catia

Figura 27 Vista lateral del quinto paso de Catia

Figura 28 Vista 3D posterior de la segunda maqueta

Figura 29 Vista 3D superior de la segunda maqueta

Figura 30 Vista 3D inferior de la segunda maqueta

Figura 31 Vista 3D de la pieza final 1

Figura 32 Vista posterior de la pieza final 1

Figura 33 Vista lateral de la pieza final 1

Figura 34 Vista superior de la pieza final 1

Figura 35 Árbol de operaciones de Catia

Figura 36 Vista frontal de la montura 2

Figura 37 Vista lateral de la montura 2

Figura 38 Vista 3D de la pieza final 2

Figura 39 Vista superior de la pieza final 2

Figura 40 Vista posterior de la pieza final 2

Figura 41 Vista lateral de la pieza final 2

Tabla 1 Comparativa resinas flexibles de Formlabs.



## 1. Introducción y objetivos

La impresión 3D es una tecnología de fabricación basada en la adición de material en forma de finas capas adheridas entre sí con la finalidad de crear un objeto en tres dimensiones de una forma sencilla. Los materiales utilizados en este tipo de impresión varían desde plásticos hasta ciertos metales. Otra característica de esta tecnología es el hecho de que se fabrica en base a un modelo digital del objeto deseado, modelado con ayuda de un software de CAD.

Para diseñar este objeto se ha seguido una Metodología. Una forma de diseñar ese objeto de forma “metódica” es siguiendo unas etapas concretas descritas por Bruno Munari, de esta forma se consigue diseñar objetos de una forma sistemática y eficaz.

Los objetivos de este trabajo son:

- Comprender la metodología de Munari para el diseño de objetos.
- Aplicar la metodología de Munari en un caso práctico de diseño de un protector lateral de seguridad para una montura estándar de gafas.
- Utilizar la tecnología de impresión 3D para la creación de objetos.
- Realizar unos planos constructivos del objeto definiéndolo por completo.



## 2. Impresión 3D

### 2.1. Historia

La impresión 3D es una tecnología de fabricación que consiste en la obtención de un objeto en tres dimensiones, a partir de un modelo digital del mismo, mediante la superposición aditiva de capas de un material formando un objeto compacto.

Su origen se remonta a 1976 con la invención de la impresora de inyección de tinta, con su posterior evolución a la impresión de materiales en 3D.

Hideo Kodama (1981) fue el inventor de dos procesos de fabricación de un modelo tridimensional de plástico utilizando un polímero fotoendurecible. Posteriormente Charles Hull (1984) presentó su patente sobre la estereolitografía, añadiendo al trabajo de Kodama el formato de archivos STL (*STereoLithography*), el cual es aceptado actualmente por cualquier software de impresión 3D.

Scott Crump (1989) patenta el método *Fused Deposition Modeling* (FDM) o Modelado por Deposición Fundida, un método basado en la creación de sucesivas capas apiladas entre ellas.

En la actualidad existen varios tipos de tecnologías de impresión 3D en función del tipo de material utilizado, de la forma de aplicar el material y de la forma de procesar el material. Unas de las más comunes son las siguientes son modelado por deposición fundida, estereolitografía y sinterizado selectivo por láser.

## 2.2. Técnicas de fabricación aditiva

### **Modelado por deposición fundida (FDM)**

El modelado por deposición fundida es la tecnología de impresión 3D más común en el mercado. Su funcionamiento se basa en la superposición de capas de plástico fundido formando un objeto compacto como resultado.

Este tipo de impresoras dispone de un extrusor por donde sale el plástico fundido depositándose en los lugares deseados mediante movimientos del extrusor en los ejes x,y. La pieza se sostiene sobre una placa horizontal, la cual suele estar caliente para evitar que el objeto se mueva y mejorar la calidad de la impresión. Cada vez que se termina una capa de la pieza se produce un movimiento relativo entre el extrusor y la placa para proceder a la impresión de la siguiente capa (ver figura 1). Este tipo de impresión utiliza materiales termoplásticos.

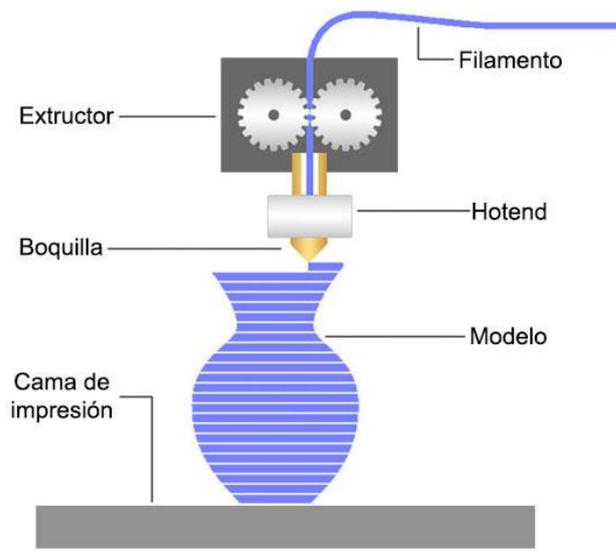


Figura 1 Proceso de Modelado por deposición fundida

<<https://prysmav.com/impresion-3d-y-la-manufactura-de-productos/>>

## Estereolitografía

La estereolitografía es un proceso de fabricación por adición basado en el principio de solidificar una resina mediante la incidencia de un láser ultravioleta, esta técnica se basa en un tanque lleno de la resina y en un láser ultravioleta que se aplica sobre la zona de resina que se pretende solidificar, formando capas sucesivas adheridas unas a otras formando la pieza final deseada.

La pieza se va creando gracias a un movimiento relativo entre el láser y la placa de sujeción de la pieza a lo largo del eje Z de la máquina una vez que se finaliza cada capa (ver figura 2).

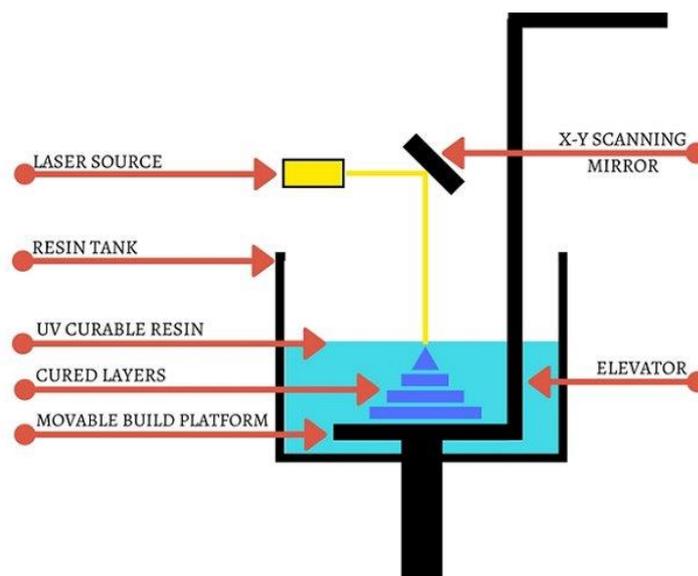


Figura 2 Proceso de Estereolitografía

<<https://sbags.es/proyecto-bolsas-personalizadas-3d-tecnicas-de-impresion/>>

## Sinterizado selectivo por láser (SLS)

Este proceso de impresión se basa en el principio de sinterizar selectivamente partículas de polvo en un entorno cerrado para formar un objeto. El sinterizado consigue la cohesión entre las partículas sin llegar a fundir el material.

Se dispone de un recipiente con polvo de polímero donde este se calienta, a continuación se deposita una capa de material en polvo sobre una placa de construcción, posteriormente un láser escanea la superficie y sinteriza de forma selectiva el polvo solidificando una capa transversal de la pieza.

Una vez que se termina de solidificar una capa de polvo se baja un nivel la placa de construcción, se vuelve a aplicar una capa de polvo caliente y se vuelve a sinterizar una nueva capa de material. Este proceso se repite hasta que se finalice la solidificación del objeto entero (ver figura 3).

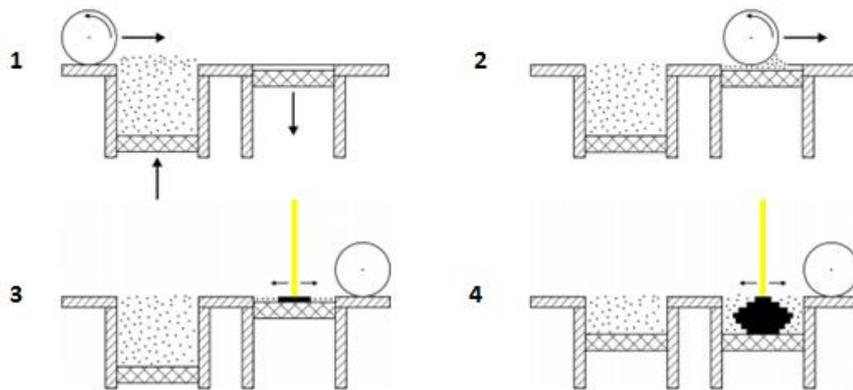


Figura 3 Proceso de Sinterizado selectivo por láser

<<https://www.3dnatives.com/es/sinterizado-selectivo-por-laser-les-explicamos-todo/#!>>

### **3. Diseño de objetos según Bruno Munari**

Bruno Munari (1981) es un referente italiano en el campo del diseño de objetos industriales y de la metodología utilizada en el diseño de los mismos, aportando numerosos diseños propios, así como obras escritas sobre el diseño gráfico e industrial.

Munari en sus obras presenta una metodología para el diseño de objetos organizada en diferentes etapas tales como la definición del problema o la experimentación. Esta forma de diseñar busca la sistematización del proceso de diseño para poder diseñar objetos de una forma sencilla y ordenada, aplicable a un gran rango de situaciones y por ello es una metodología de diseño muy utilizada.

La metodología de Munari comienza con una necesidad, es decir, teniendo un problema que requiere solución. El primer paso consiste en definir el problema de forma completa y de poner los límites al mismo para tenerlo acotado y poder trabajar con facilidad con él.

El siguiente paso consiste en descomponer el problema anteriormente definido en sus diferentes elementos, es decir, dividir el problema en problemas más pequeños de forma que se puedan ir resolviendo de uno en uno y así llegar más fácilmente a la solución final. Este principio de dividir el problema en subproblemas para tratar con ellos se basa en el método cartesiano.

La recopilación de datos es el tercer paso del proceso, consiste en recoger los datos obtenidos de los subproblemas anteriores y a mayores buscar información de diseños ya existentes con el fin de tomar ideas para nuestro diseño. Otra función de informarse sobre los diseños existentes es la de no plagiar ningún diseño y cumplir con ello la normativa de patentes.

Una vez recopilados los datos se analizan en conjunto para tenerlos en cuenta y concretar el diseño del objeto.

La creatividad reemplaza a la idea inicial de la solución del problema utilizando todos los datos recopilados y analizados para llegar a una solución analítica basada en resultados de la resolución de cada uno de los elementos del problema, y con ello, sin salirse de los límites impuestos con anterioridad en la definición del problema.

El estudio de los materiales y la tecnología disponibles es el siguiente paso de la metodología y permite focalizar el diseño del objeto a esos tipos de materiales y tecnologías existentes para saber que el diseño final del objeto podrá realizarse sin problemas.

En el siguiente paso esta metodología propone la experimentación con los materiales y tecnologías anteriores para comprobar las características y de las posibilidades para el posterior diseño final del objeto y de esta forma se diseñará un objeto capaz de ser fabricado con los medios existentes y con propiedades conocidas.

La creación de modelos es el siguiente paso del proceso, en este punto se crean modelos (prototipos) parciales o generales del objeto utilizando todos los datos obtenidos de los subproblemas y de las experimentaciones anteriores para su posterior estudio de viabilidad.

A continuación, se realiza la verificación de los modelos anteriores, exponiéndolos a estudio y proponiendo posibles mejoras. De entre los modelos existentes se elige el más óptimo para ser el diseño del objeto final.

Por último, se procede a realizar los croquis y planos de detalle, es decir, los dibujos constructivos del objeto para su posterior fabricación. Estos planos pueden ser modificados y actualizados cuando se presenta una mejora al diseño ya sea por su funcionalidad o por que facilite la fabricación del objeto.

Este método de diseño es un método flexible que puede aplicarse total o parcialmente adaptándose a cada caso particular, pero que facilita en gran medida el diseño de objetos y permite seguir un proceso más sistemático a la hora de crear los mismos.

Este es el esquema utilizado por Munari para representar su metodología con un ejemplo práctico (ver figura 4).

## Metodología Munari



- **Problema** – Arroz Verde
- **Definición** – Arroz verde con espinacas para 4 personas
- **Elementos** – Arroz, espinacas, jamón, etc...
- **Recopilación de datos** – Hay alguien que lo haya hecho?
- **Análisis de datos** – ¿Cómo lo ha hecho? ¿Qué puedo aprender?
- **Creatividad** – Como puede conjugarse todo de forma correcta?
- **Materiales** – Que arroz? Que cazuela? Que fuego?
- **Experimentación** – Pruebas y ensayos
- **Modelos** – Muestra definitiva
- **Verificación** – bien, vale para 4.

Figura 4 Metodología de diseño de Bruno Munari

<<https://slideplayer.es/slide/5616224/2/images/29/Metodolog%C3%ADa+Munari+Problema+%E2%80%93+Arroz+Verde.jpg>>



## **4. Aplicación práctica de la metodología Munari**

La propuesta de este trabajo es la realización de un diseño de un objeto siguiendo la metodología de Bruno Munari expuesta anteriormente. Esta metodología es flexible que se ha adaptado a este caso concreto

El diseño del objeto de este proyecto sigue los siguientes apartados:

- Problema inicial.
- Idea inicial.
- Elementos del problema.
- Materiales y tecnología.
- Creatividad.
- Dibujos constructivos.

## 4.1. Problema inicial

El problema inicial de este proyecto se basa en el inconveniente que tienen las personas que llevan gafas graduadas a la hora de utilizar gafas de seguridad, enfocándose en los casos en los que no son obligatorias las gafas de seguridad pero pueden ser beneficiosas.

Existen varios tipos de gafas de seguridad (ver figuras 5 y 6), uno de los más comunes son las gafas de montura universal.



Figura 5 Gafas de seguridad de montura universal

<<https://www.interempresas.net/ObrasPublicas/FeriaVirtual/Productos-Gafas-de-montura-universal-2730-189721.html>>



Figura 6: Gafas de seguridad con protección lateral

<<https://www.enfermania.com/gafas-de-proteccion-montura-universal.html>>

Las personas que utilizan gafas graduadas utilizan las gafas de seguridad capaces de albergar la montura completa en su interior, pero este tipo de gafas pueden llegar a ser incómodas o molestas, por lo que el problema que se plantea es el de buscar una solución a los casos en los que no es obligatorio el uso de gafas de seguridad pero se quiera tener una protección mayor que simplemente las gafas graduadas sin tener que llevar las gafas de seguridad de montura universal.

## **4.2. Idea inicial**

La idea inicial propuesta es la de un protector lateral que sea capaz de acoplarse a una montura de gafas graduadas mediante un enganche con la finalidad de proporcionar una protección lateral extra a la montura, para situaciones en las que no sean obligatorias las gafas de seguridad.

Este protector lateral sumado a los cristales de las gafas supone ya un cierto grado de seguridad sin llegar al nivel de unas gafas de seguridad convencionales.

### 4.3. Elementos del problema

En esta etapa se descompone el problema inicial en sus diferentes elementos de forma que se resuelve el problema mediante la resolución de subproblemas más pequeños.

Los subproblemas son:

- Tipo de protección deseada.
- Tipo de enganche.
- Para una montura de gafas concreta o universal.
- Cumplimiento de normativa.
- Cumplimiento de patentes.

- Tipo de protección deseada.

El tipo de protección deseada para el objeto final es un punto importante de la toma de decisiones ya que influye en gran medida a la forma y características finales del objeto.

Si se busca una protección que siga las normas UNE-EN 166 de protección individual de los ojos se tiene que tener en cuenta elementos tales como dureza del material, resistencia a rotura, resistencia ante impactos, resistencia contra elementos químicos, etc.

Mientras que una protección para situaciones cotidianas o situaciones en las que la protección no es obligatoria los requisitos se simplifican mucho.

En el caso de buscar una protección total siguiendo las normal UNE de seguridad no solo hay que tener en cuenta la pieza lateral sino que hay que tener en cuenta también el cristal graduado de las propias gafas ya que este no cumple las normativas de protección de seguridad, por lo que se ha de buscar una solución a este problema. Una solución a este problema es diseñar una protección completa, no solo lateral, y proveer a esta pieza de unas lentes que sí que cumplan las normativas de seguridad.

Como se puede apreciar si se busca una seguridad profesional siguiendo la normativa existente de seguridad el problema se complica. Se ha tomado la decisión y la solución en este caso de proporcionar una protección lateral ante situaciones en las que no son obligatorias las gafas de seguridad, pero en las cuales esta protección lateral puede ser útil.

Este tipo de protección auxiliar lateral es muy útil en espacios de trabajo donde no son obligatorias las gafas de seguridad, pero en cambio sí que exista alguna partícula en movimiento por el aire o en suspensión, o fuertes corrientes de aire, por ejemplo. En este tipo de situaciones sumando la protección lateral a la protección de las propias gafas graduadas se puede tener una protección alta sin tener que utilizar gafas de seguridad proporcionando una mayor comodidad al usuario.

- Tipo de enganche.

La forma en la que se engancha el objeto a la montura de las gafas graduadas es un tema importante a tener en cuenta ya que dependiendo del tipo de sujeción elegida la pieza debe tener una forma concreta.

Es necesaria una sujeción debido a que la pieza tiene que estar fija a la montura, si la pieza no estuviera bien sujeta se podría mover generando pérdida de eficacia o incomodidad.

Existen varias opciones disponibles para resolver este problema, una de ellas es diseñar la pieza con una ranura incorporada donde se pueda insertar la patilla de la montura, de esta forma la pieza queda fijada a la montura evitando movimientos.

Otra solución es diseñar el objeto de forma que tenga unos orificios por donde se introduzca la patilla de la montura, fijando la pieza a la montura.

Una opción alternativa es añadir un elemento externo a la pieza que sea capaz de asegurar una buena sujeción. Esta opción es menos aconsejable ya que requiere de un segundo elemento externo a la pieza original.

La solución óptima es la de colocar una ranura en la pieza a diseñar y con ella asegurarnos una buena sujeción de una manera sencilla.

- Para una montura de gafas concreta o universal.

Existen dos formas de plantear este problema, una es diseñar un objeto válido para una montura en concreto de gafas o en cambio diseñarlo para cualquier montura de gafas.

El diseño universal tiene la ventaja de poder ser utilizado por cualquier persona sin depender de la montura de gafas que posea, el problema es que dificulta en gran medida el diseño al tener que tener en cuenta todas las monturas de gafas existentes y buscar un diseño válido para todas ellas.

Por otra parte un diseño planteado para una montura de gafas en concreto tiene la desventaja de solo ser viable para esa montura en concreto pero en cambio facilita en gran medida el posterior diseño al poder trabajar con unas medidas concretas y conocidas.

Otra opción es la de diseñar el objeto para una montura en concreto pero diseñarlo de tal forma que resulte fácil de cambiar ese diseño de manera que se pueda adaptar a diferentes monturas con pequeños cambios dependiendo de la montura.

Esta tercera opción es la más completa teniendo en cuenta que es una mezcla de las dos primeras, quedándose con sus mejores ventajas. En la situación actual de COVID 19 parece aconsejable utilizar un protector para cada montura y evitar posibles manipulaciones de terceros.

- Cumplimiento de normativa.

Respecto al cumplimiento de la normativa UNE-EN 166 de protección individual de los ojos existen dos posibilidades.

Una de las posibilidades es diseñar el objeto de tal forma que cumpla todos los requisitos de la norma tales como dureza del material, resistencia a rotura, resistencia ante impactos, resistencia contra elementos químicos, etc.

La otra posibilidad es diseñar el objeto para situaciones donde no sea obligatorio el uso de gafas de seguridad por lo que no haría falta el cumplimiento de la normativa de protección individual de los ojos, como ya hemos mencionado.

La solución óptima, según nuestro criterio, es la de crear un objeto capaz de añadir protección a la montura, pero sin tener que cumplir todas las normativas de seguridad centrándose en un objeto dedicado a situaciones cotidianas con un nivel de peligro menor que no requiera del uso obligatorio de protección individual obligatoria.

Otra normativa que se tiene que cumplir siempre es la Ley de prevención de Riesgos Laborales, la cual recoge todo lo respectivo a prevención laboral, desde requisitos mínimos que deben cumplir las condiciones de trabajo para asegurar la seguridad y la salud de los empleados, hasta medidas disciplinarias en casos donde no se cumpla algún punto de la norma. En esta ley también se indican las obligaciones de los fabricantes, importadores y suministradores de elementos de protección para los trabajadores para asegurar la efectividad de los mismos.

Otras normativas importantes en cuanto a la protección ocular son:

- UNE-EN 167: Protección individual de los ojos – Métodos de ensayo ópticos
- UNE-EN 168: Protección individual de los ojos – Métodos de ensayo no ópticos
- UNE-EN 170: Filtros para el ultravioleta
- UNE-EN 171: Filtros de protección para el infrarrojo
- UNE-EN 172: Filtros de protección solar para uso laboral

- Cumplimiento de patentes.

Una patente es un documento oficial que protege una invención de manera que solo el dueño de la patente es capaz de usar y explotar esa invención.

Se han revisado las patentes existentes (se pueden buscar con un buscador auxiliar como el *Google Patents*). Para este caso se pueden encontrar tres patentes similares a la idea inicial del proyecto (ver figuras 7,8 y 9).

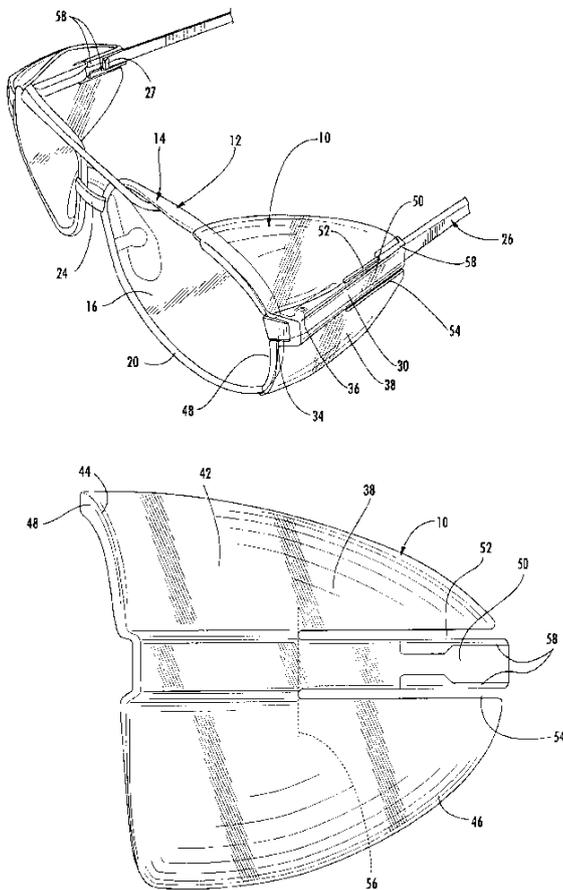


Figura 7 Patente US6910767B2

<<https://patents.google.com/patent/US6910767B2/en?q=protector+lateral+gafas&oq=protector+lateral+gafas>>

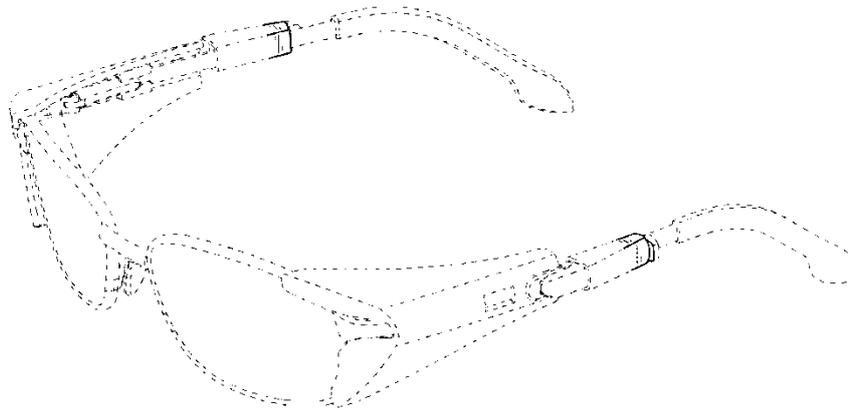


Figura 8 Patente USD740351S1

<<https://patents.google.com/patent/USD740351S1/en?q=protector+lateral+gafas&oq=protector+lateral+gafas>>

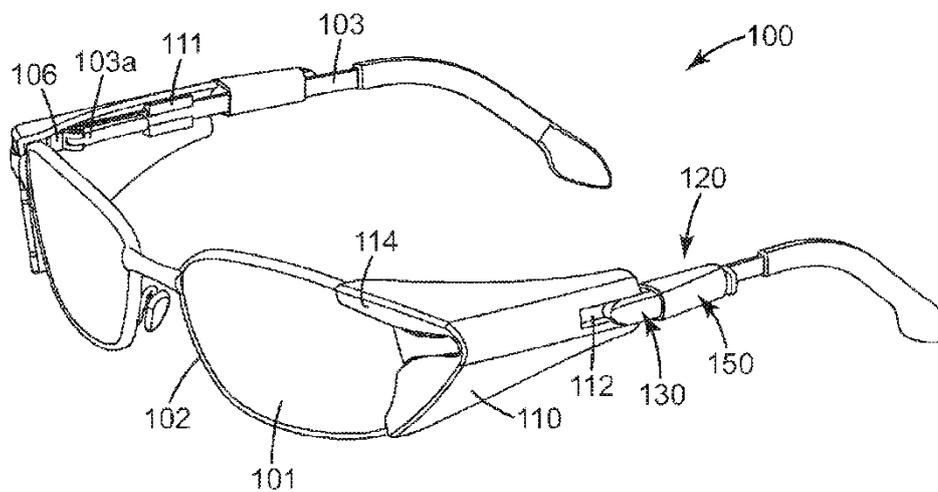


Figura 9 Patente US10627652B2

<<https://patents.google.com/patent/US10627652B2/en?q=protector+lateral+gafas&oq=protector+lateral+gafas>>

Como se puede observar son tres patentes similares, con pequeñas modificaciones entre ellas, susceptibles de patente.

Para el cumplimiento de la ley de patentes se debe diseñar el objeto de tal forma que no sea un plagio de ninguna de las patentes anteriores, para ello el diseño debe diferir en alguna de sus partes, ya sea en la forma del objeto o en el tipo de enganche utilizado.

#### 4.4. Materiales y tecnología

Este trabajo se basa en la aplicación práctica de la impresión 3D en el diseño y obtención de objetos de fácil fabricación y bajos costes.

La Impresora 3D disponible para este proyecto es una impresora de resina basada en el proceso de estereolitografía descrito con anterioridad. La impresora es el modelo Form 3 de la marca Formlabs (ver figura 10).

La impresora consta de un láser ultravioleta, un tanque de resina y una placa de apoyo sobre la que se solidifica la pieza. La primera capa se solidifica sobre la placa de apoyo y una vez que se termina esa primera capa la capa de apoyo sube un nivel hacia arriba, entonces se genera la segunda capa sobre la primera capa y así sucesivamente hasta que se finaliza la impresión. El valor del nivel que se mueve la placa de apoyo es igual al grosor de capa con el que se genera la pieza.



Figura 10 Impresora 3D Form3

<<https://www.impresoras3d.com/producto/form-3-formlabs/>>

La resina elegida para este proyecto es la resina flexible 80A, una resina que permite la obtención de piezas rígidas pero con un cierto grado de flexibilidad semejante a la goma (ver figura 11). En comparación con los materiales habituales utilizados en los procesos de prototipado rápido tales como PLA o ABS, este tipo de resina permite fabricar piezas mucho más flexibles, y por ello es recomendable para elementos que requieran de cierta flexibilidad y de resistencia, por lo contrario si se requiere una pieza rígida con un bajo nivel de deformación no se recomienda el uso de este tipo de resinas para el proceso.



Figura 11 Objetos fabricados con la resina 80A

<<https://support.formlabs.com/s/article/Using-Flexible-Resin?language=es#postcuring>>

A continuación, se presenta una tabla (ver tabla 1) comparativa de varias resinas flexibles en el mercado:

	Flexible Resin de Formlabs (FLFLGR02) poscurada	Flexible 80A Resin de Formlabs (FLFL8001) poscurada	Elastic 50A Resin de Formlabs, poscurada
Alargamiento de rotura (%)	80	120	160
Resistencia a la rotura (MPa)	7,7-8,5	8,9	3,2
Dureza Shore	80-85A	80A	50A
Resistencia al desgarro (kN/m)	10,6	24	19,1

Tabla 1 Comparativa resinas flexibles de Formlabs.

## 4.5. Creatividad

Esta etapa del proceso de diseño de Munari se centra en una aplicación práctica de todas las etapas anteriores, es decir, tomar todos los datos y conclusiones anteriores y con ellos proceder al diseño del objeto.

Con esta forma de proceder, el objeto final diseñado ya tiene todos los subproblemas solucionados y a mayores ya se tiene en cuenta la tecnología y el material disponible para que no existan problemas a la hora de fabricarlo.

Las conclusiones para el diseño son las siguientes:

- La protección deseada es una protección auxiliar que no sirve como remplazo de unas gafas de seguridad, sino que sirve como seguridad auxiliar para situaciones donde la seguridad no es obligatoria.
- La sujeción elegida es una ranura implementada en el diseño del objeto con la finalidad de que la patilla de la montura se introduzca en ella fijando ambas partes.
- El diseño se centra en una montura de gafas en concreto pero con una facilidad de cambio con la idea de poder adaptarlo a otras monturas con sencillez.
- No requiere la normativa de protección individual de ojos ya que no está pensado su uso en situaciones donde la seguridad sea obligatoria.
- Se tienen en cuenta las patentes existentes para no realizar ningún tipo de plagio o copia.
- La tecnología disponible para el proyecto es una impresora 3D de resina Form 3 basada en estereolitografía.
- El material disponible para la fabricación es la resina flexible 80A.

El primer paso del diseño es el de fijar cual va a ser la montura de gafas sobre la que se va a realizar el diseño del objeto de protección lateral (ver figuras 12 y 13).

En un principio esta montura va a ser la única sobre la que va a encajar el objeto pero posteriormente se podrá variar este diseño con pequeños cambios para poder adaptarlo a otras monturas diferentes.



Figura 12 Vista frontal de la montura 1



Figura 13 Vista lateral de la montura 1

El programa utilizado para realizar el diseño tridimensional es Catia V5, un programa especializado en crear modelos paramétricos tridimensionales de piezas con la ventaja que el programa permite modelar la pieza de forma paramétrica.

Catia V5 permite integrar esa pieza en un conjunto de varias piezas para poder simular una estructura compleja y así realizar una simulación virtual del resultado real esperado. A su vez Catia permite hacer los planos de cada pieza.

Otro uso de Catia es el de simular procesos de fabricación, tales como torneado o fresado, con el fin de realizar un diseño optimizado y viable en cuanto a su posterior fabricación.

Con la montura que se va a utilizar clara y con la ayuda del software Catia V5 se procede al diseño del objeto.

El primer paso es crear una pieza con la forma de la montura con el fin de que el objeto se ajuste a la montura de forma correcta.

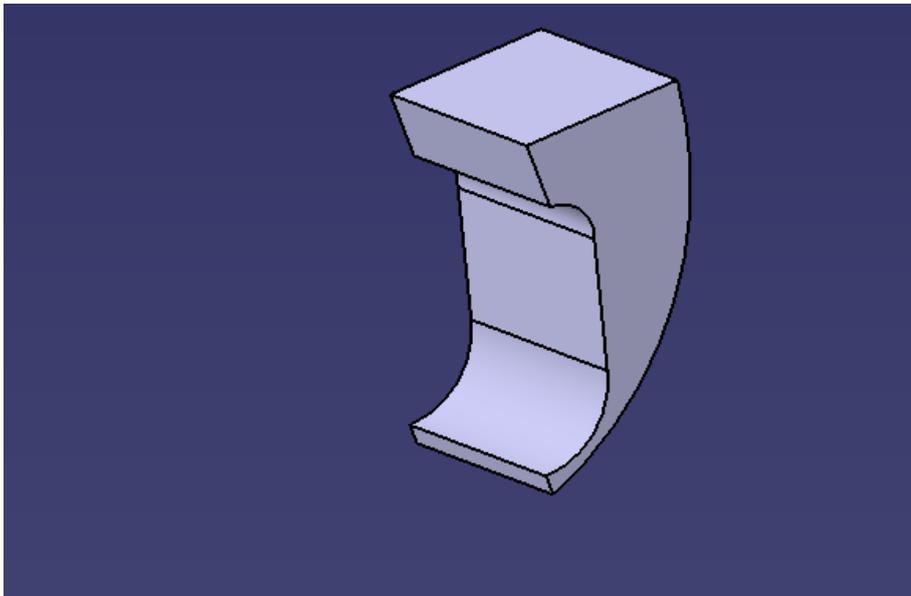


Figura 14 Vista 3D del primer paso de Catia

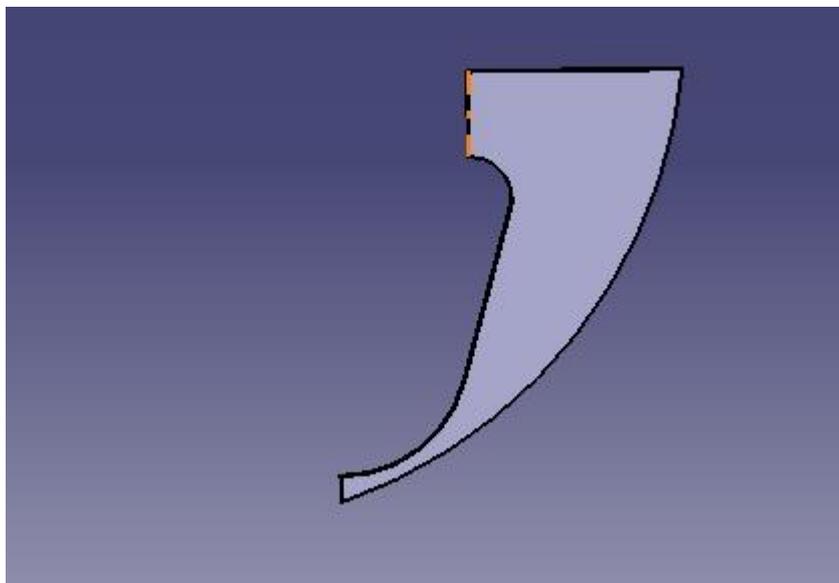


Figura 15 Vista frontal del primer paso de Catia

En estas dos representaciones (ver figuras 14 y 15) se pueden apreciar las formas similares de la montura de gafas para su buen acople. Adicionalmente, se aprecia que la forma exterior del objeto se ha hecho de forma redondeada para tener un diseño más ergonómico.

A continuación, se realiza un vaciado del interior de la pieza para que la montura se aloje en ese hueco y además se redondea el final de la pieza con el fin de hacer el objeto más ergonómico y cómodo para su uso (ver figuras 16 y 17).

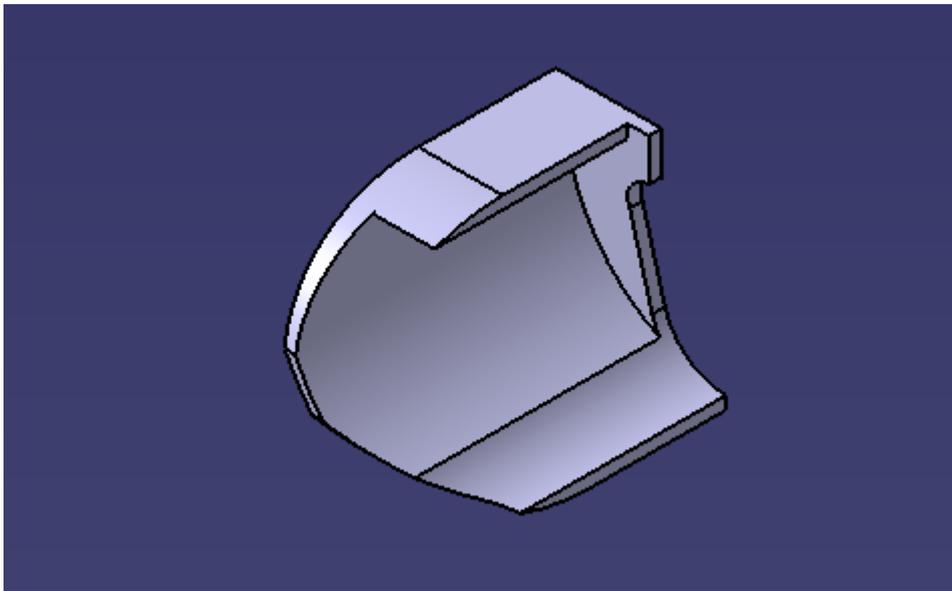


Figura 16 Vista 3D del segundo paso de Catia

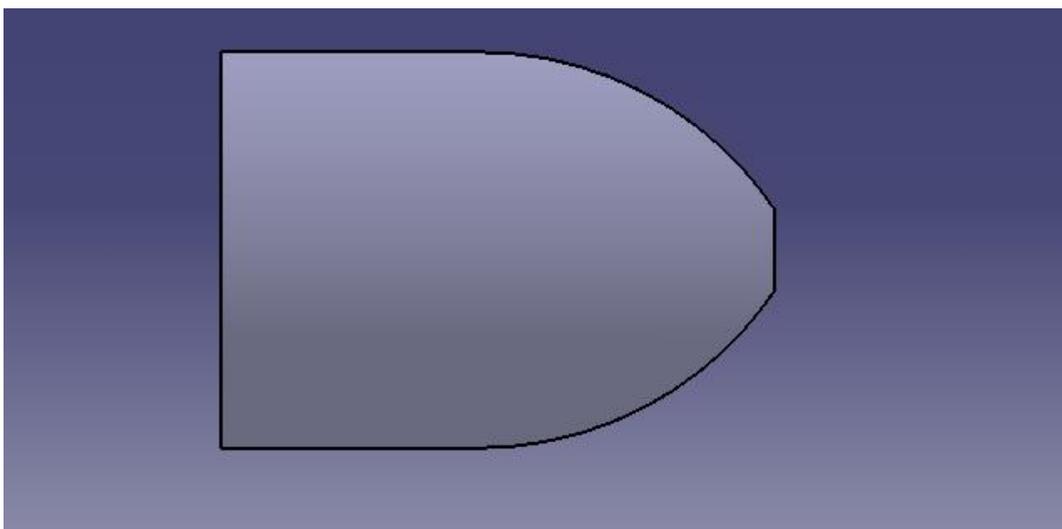


Figura 17 Vista lateral del segundo paso de Catia

En el siguiente paso se rebaja la parte inferior de la pieza (ver figura 19) ya que de lo contrario chocaría con la cara de la persona al poner la pieza y por ello hay que recortarlo sin que afecte a la protección deseada.

También se elimina la parte superior (ver figura 18) para poder rehacerla de una manera mejor y más óptima.

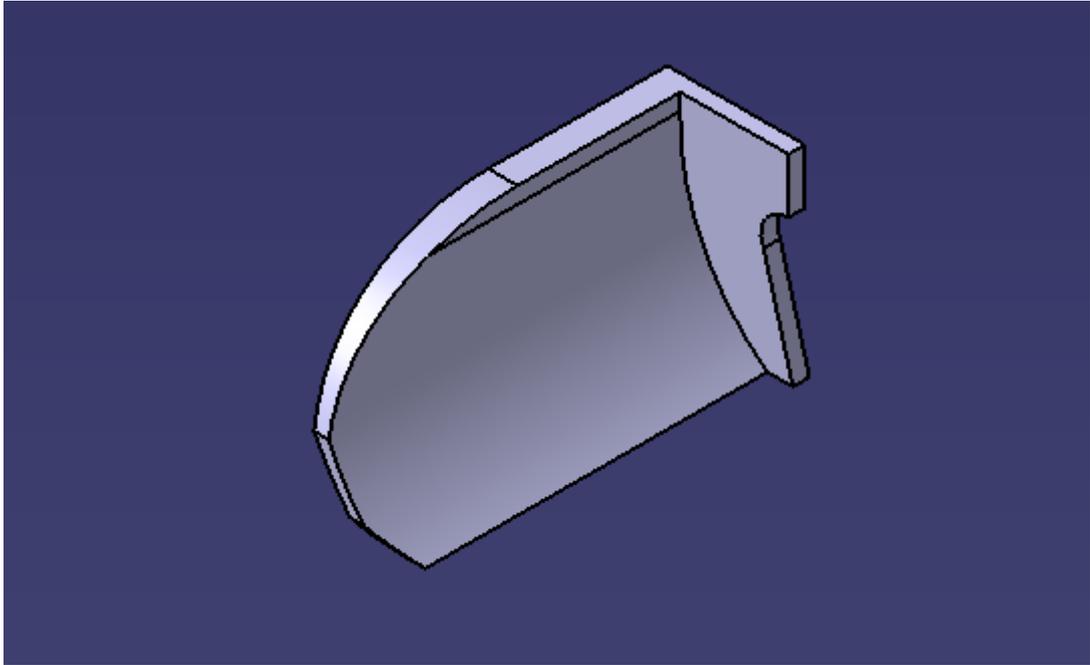


Figura 18 Vista 3D del tercer paso de Catia

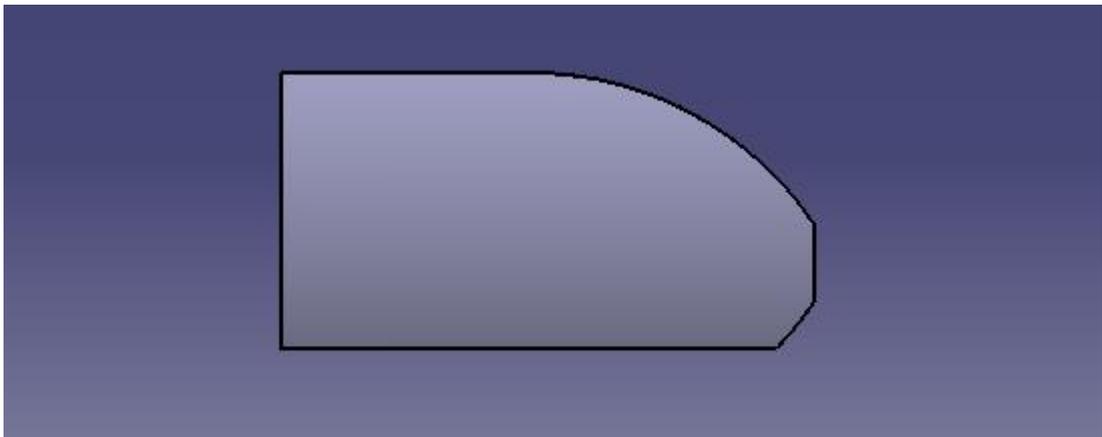


Figura 19 Vista lateral del tercer paso de Catia

A continuación se vuelve a implementar la parte superior de forma que esta no choque con el rostro de la persona que lleve la pieza en su montura (ver figura 20). En esta zona superior es donde posteriormente se colocará la ranura que sirve de sujeción del objeto.

Se vuelve a recortar la parte posterior de la pieza (ver figura 21) para darle al objeto una forma más simétrica y seguir evitando posibles interferencias entre el rostro y el protector lateral.

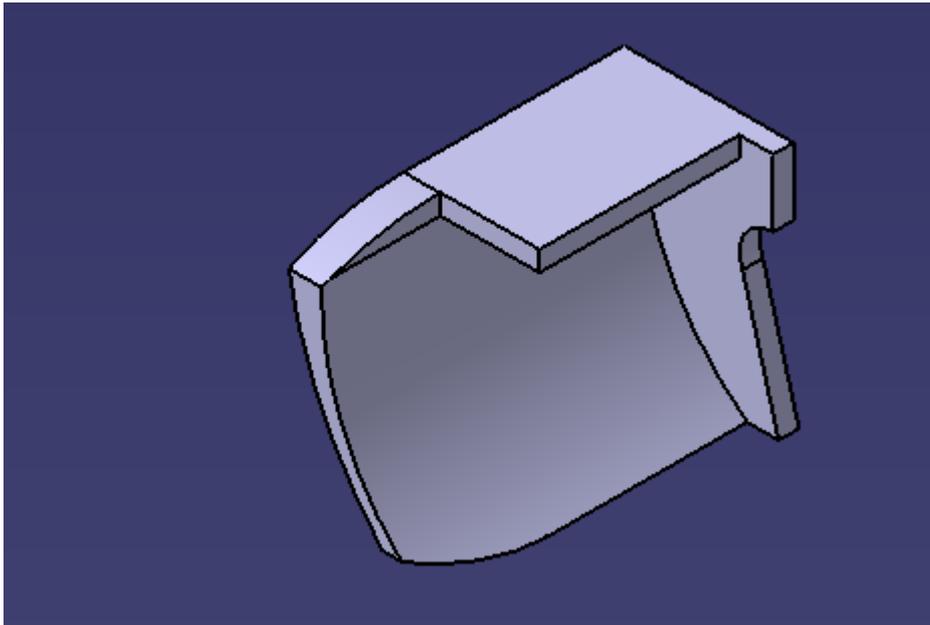


Figura 20 Vista 3D del cuarto paso de Catia

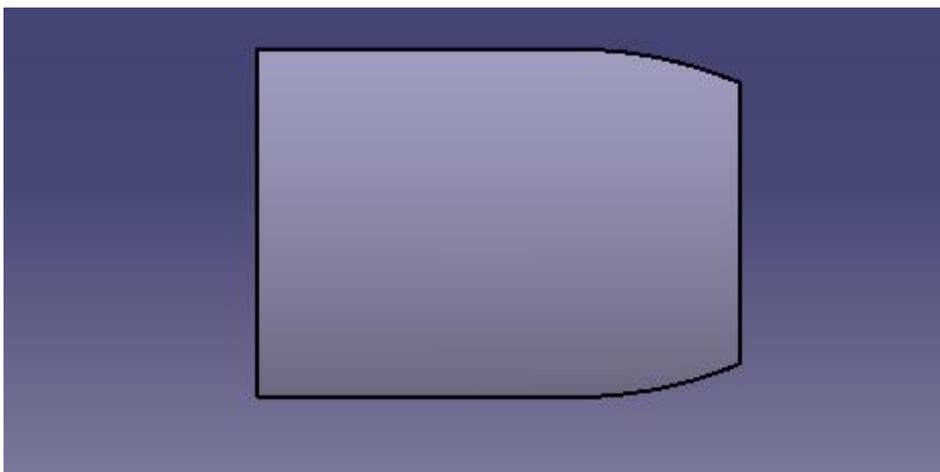


Figura 21 Vista lateral del cuarto paso de Catia

Llegados a este punto se realiza una prueba (ver figuras 22, 23 y 24), se recrea la pieza utilizando una impresora 3D de modelado por deposición fundida para poder realizar comprobaciones en el diseño y poder corregir los posibles fallos que existan.

Para esta prueba se utiliza como material de impresión PLA de color rojo, un material plástico comúnmente utilizado en impresoras 3D de modelado por deposición fundida. Hay que tener en cuenta que este no es el material ni la tecnología disponible para la impresión final del objeto por lo que solo hay que fijarse en la forma del objeto, no en la resistencia ni en el acabado superficial.

La pieza se imprime con las aristas redondeadas para su mejor acabado.



Figura 22 Vista 3D trasera de la primera maqueta



Figura 23 Vista 3D lateral de la primera maqueta



Figura 24 Vista 3D frontal de la primera maqueta

Una vez vista la maqueta se presentan posibles mejoras al diseño tales como redondear la parte posterior de la pieza como mejora estética e implementar la ranura de sujeción (ver figuras 25, 26 y 27).

La ranura se coloca en la parte superior para que la patilla de la montura se acople en ella y la montura quede recogida en el interior del objeto.

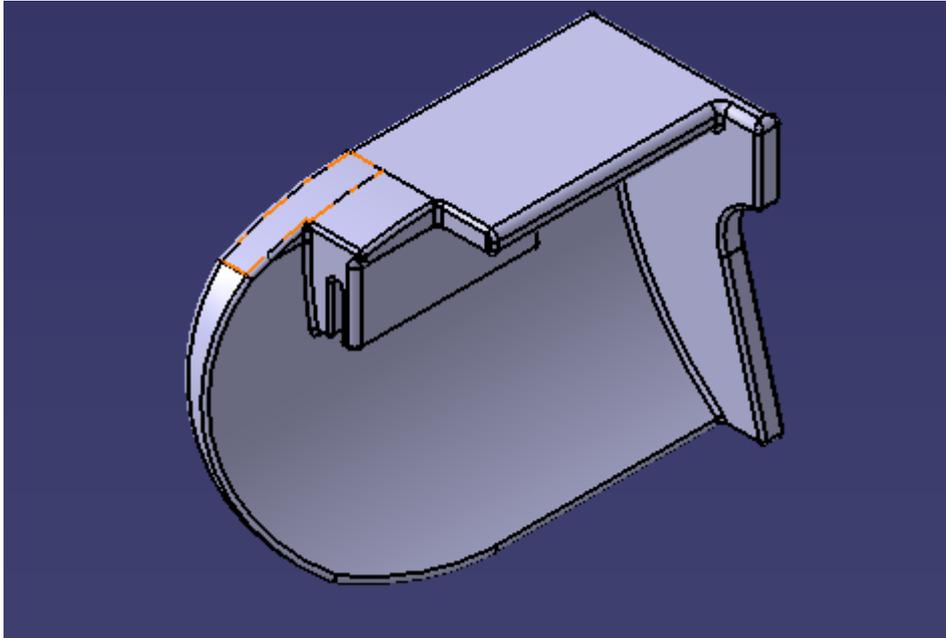


Figura 25 Vista 3D del quinto paso de Catia

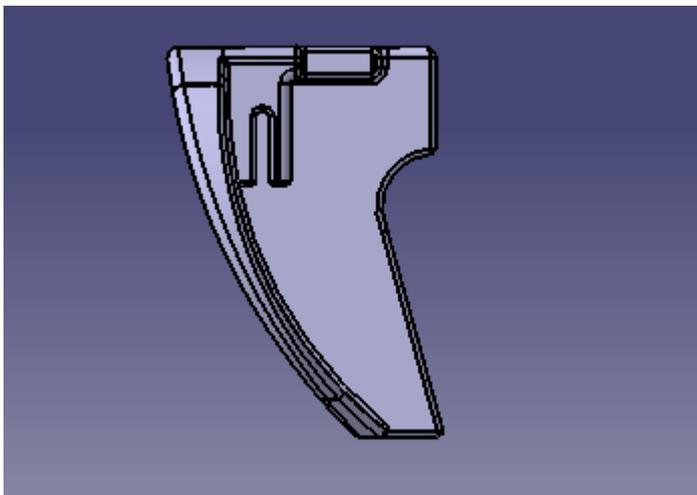


Figura 26 Vista posterior del quinto paso de Catia

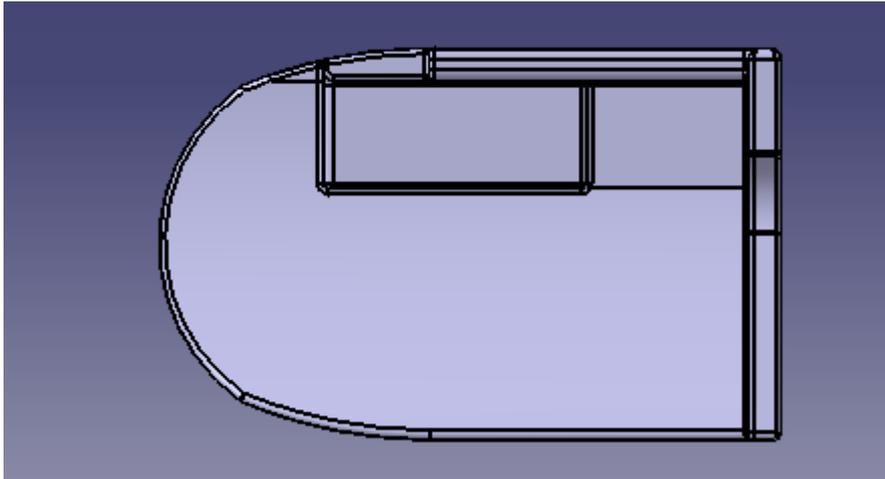


Figura 27 Vista lateral del quinto paso de Catia

Como se puede apreciar la pieza cuenta con los redondeos de las aristas. También se ve la ranura de sujeción y el hueco donde va recogida la montura dentro de la pieza.

La ranura de sujeción está diseñada de manera que sufra un pequeño apriete con la montura gracias a que la resina utilizada como material de impresión es un material flexible y gracias a ello se puede conseguir un apriete de forma sencilla. Gracias a este apriete se aumenta la fijación del objeto evitando movimientos indeseados.

A continuación se vuelve a recrear una maqueta utilizando la impresora Form3, la cual es la elegida para realizar este proyecto, con un material oscuro que no es el material elegido para la fabricación final (ver figuras 28, 29 y 30).

En esta impresión ya se puede observar la ranura de sujeción y se puede comprobar su funcionamiento teniendo en cuenta que este no es el material final, este material utilizado para la maqueta es rígido por lo que la pieza se imprime sin aplicar ningún apriete a la ranura.

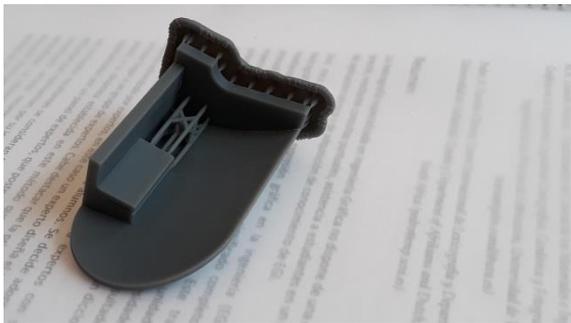


Figura 28 Vista 3D posterior de la segunda maqueta



Figura 29 Vista 3D superior de la segunda maqueta



Figura 30 Vista 3D inferior de la segunda maqueta

Después de comprobar la maqueta se pueden sacar dos conclusiones, una es que hay que variar alguna medida para evitar el choque entre la montura y la pieza, y la otra es que se puede optimizar el diseño de la pieza de forma que utilicen formas más simples para favorecer su posterior acotación y fabricación.

A continuación se presentan las vistas de la pieza final (ver figuras 31, 32, 33 y 34) con todos los cambios implementados.

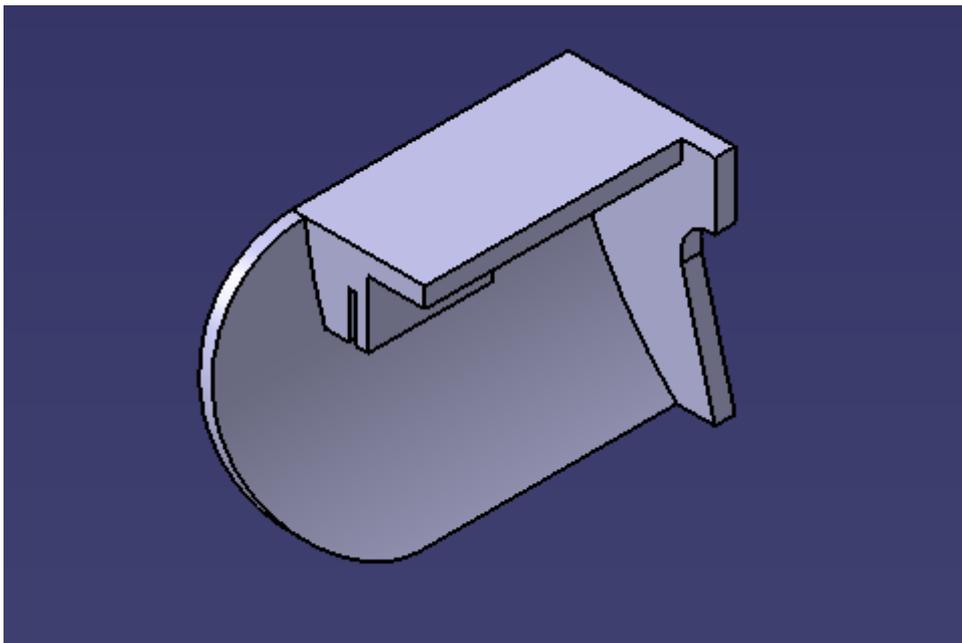


Figura 31 Vista 3D de la pieza final 1

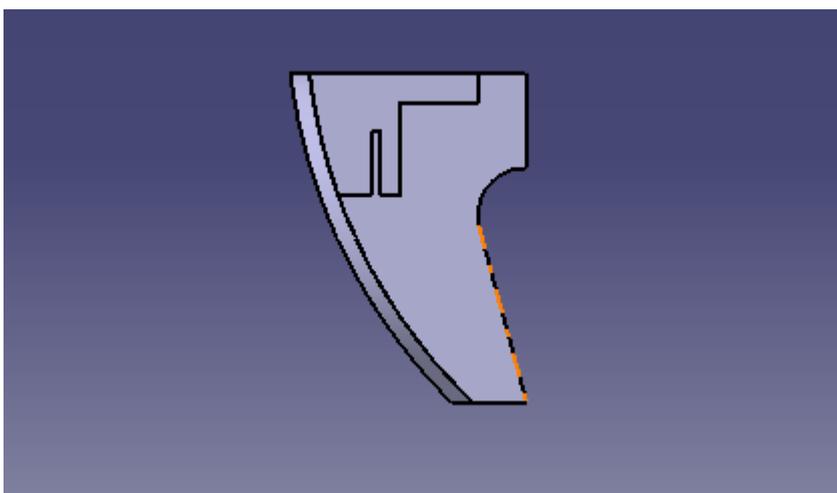


Figura 32 Vista posterior de la pieza final 1

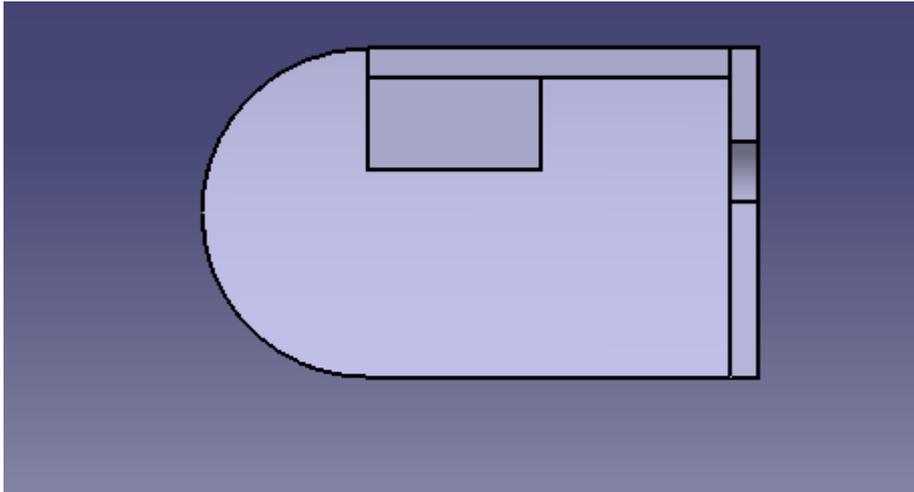


Figura 33 Vista lateral de la pieza final 1

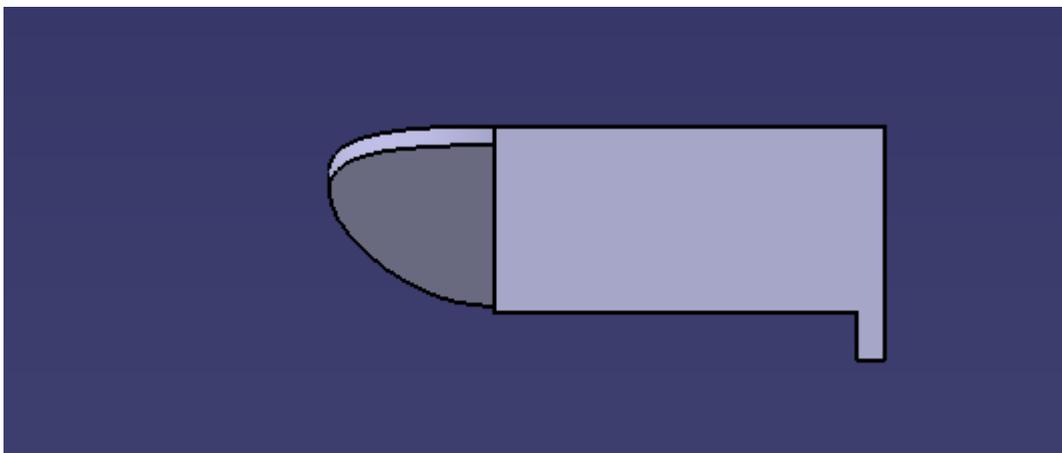


Figura 34 Vista superior de la pieza final 1

El diseño final de la pieza ha de estar optimizado, es decir, tiene que estar diseñado en Catia V5 con el menor número de pasos posibles y con todas las medidas bien definidas y acotadas para que si hay que realizar algún cambio posterior al diseño se haga de forma rápida y sencilla.

El programa Catia registra el proceso de diseño de los objetos mediante un árbol de operaciones donde se pueden ver todas las operaciones existentes, ya sean para agregar material o para eliminarlo. Cuantas menos operaciones tenga el diseño más optimizado estará.

A continuación se presenta el árbol de operaciones optimizado del objeto (ver figura 35).

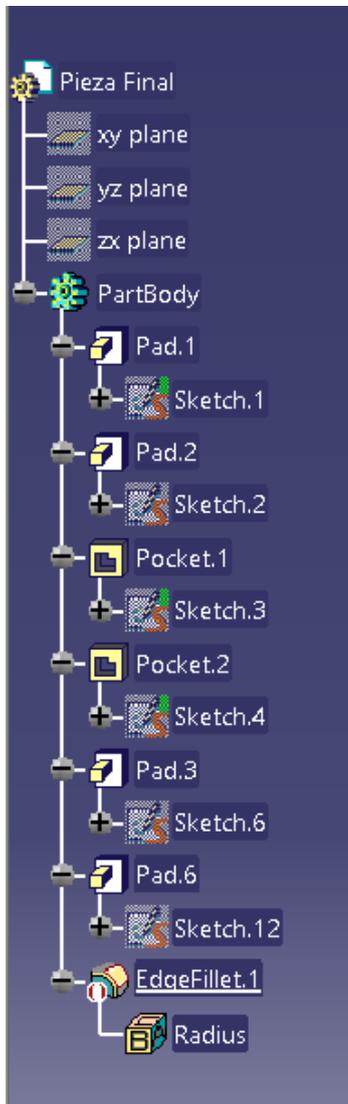


Figura 35 Árbol de operaciones de Catia

Una vez diseñada la pieza final procede a adaptar el diseño para otro tipo de montura de gafas completamente diferentes para comprobar si el diseño se puede adaptar con facilidad a otro tipo de monturas, y de esta forma proveer de versatilidad al diseño.

La otra montura de gafas sobre la que se va a adaptar el diseño (ver figuras 36 y 37) presenta una patilla de pasta más gruesa que la montura previa y una menos distancia del cristal hasta la bisagra de la patilla.



Figura 36 Vista frontal de la montura 2



Figura 37 Vista lateral de la montura 2

Como se puede apreciar hay que realizar varios cambios en el diseño para adaptarlo a la nueva montura.

Uno de los cambios que hay que realizar se encuentra en el hecho de que la distancia del cristal hasta la patilla es menor que en la montura anterior por lo que hay que reducir el frontal del diseño para que no tape parte del cristal quitando visibilidad.

El otro cambio que hay que realizar se encuentra en la ranura de sujeción. Hay que hacerla más ancha porque la patilla es más ancha que en la montura anterior y a mayores hay que aumentar el hueco entre la ranura y el frontal porque en esta montura se necesita más espacio libre para que se acople dentro la montura (ver figuras 38, 39, 40 y 41).

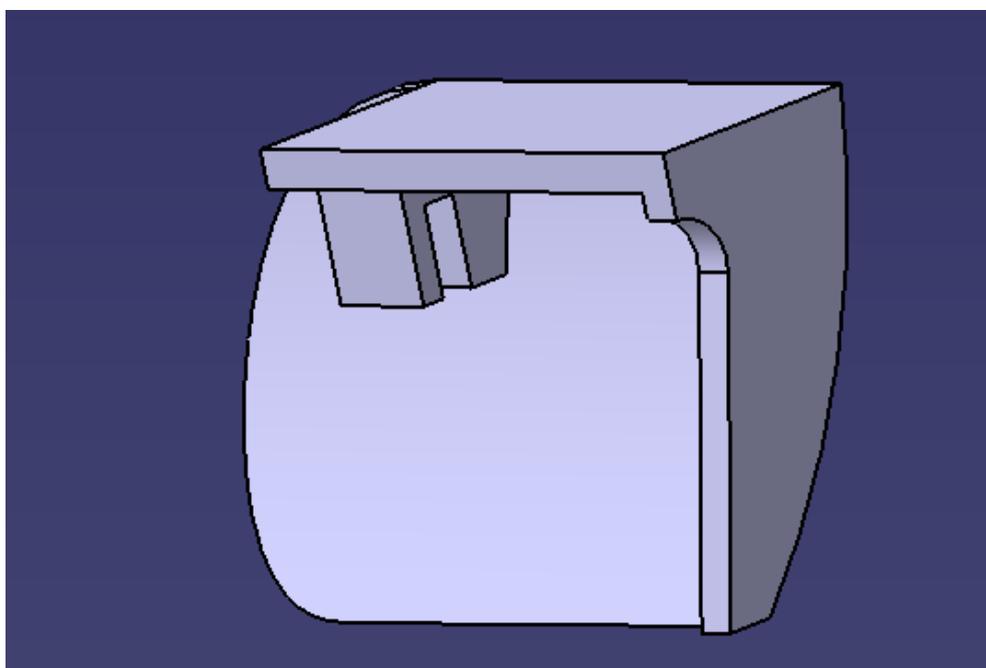


Figura 38 Vista 3D de la pieza final 2

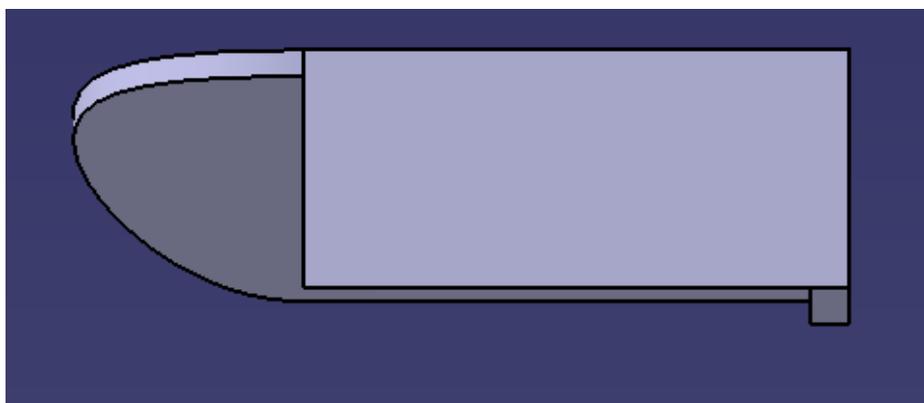


Figura 39 Vista superior de la pieza final 2

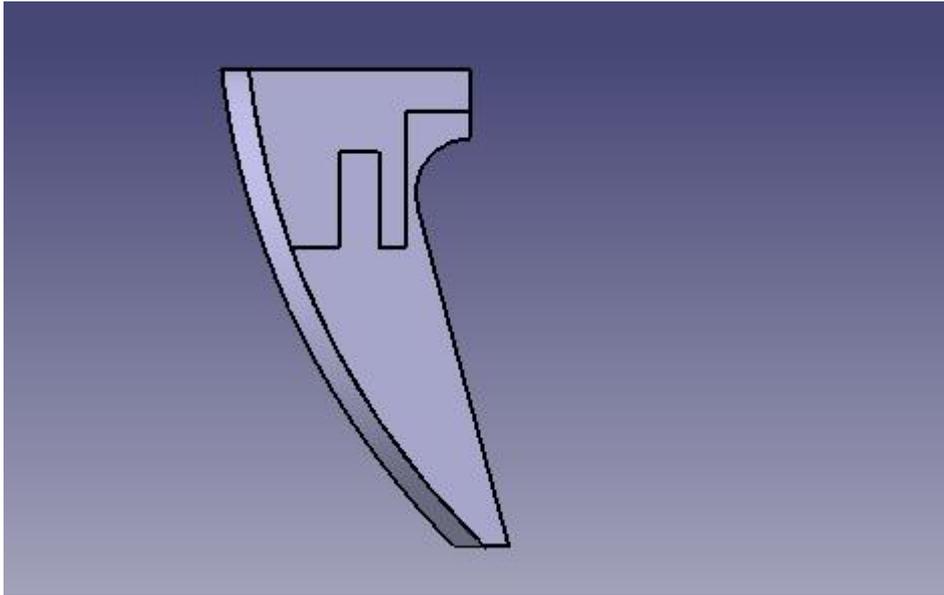


Figura 40 Vista posterior de la pieza final 2

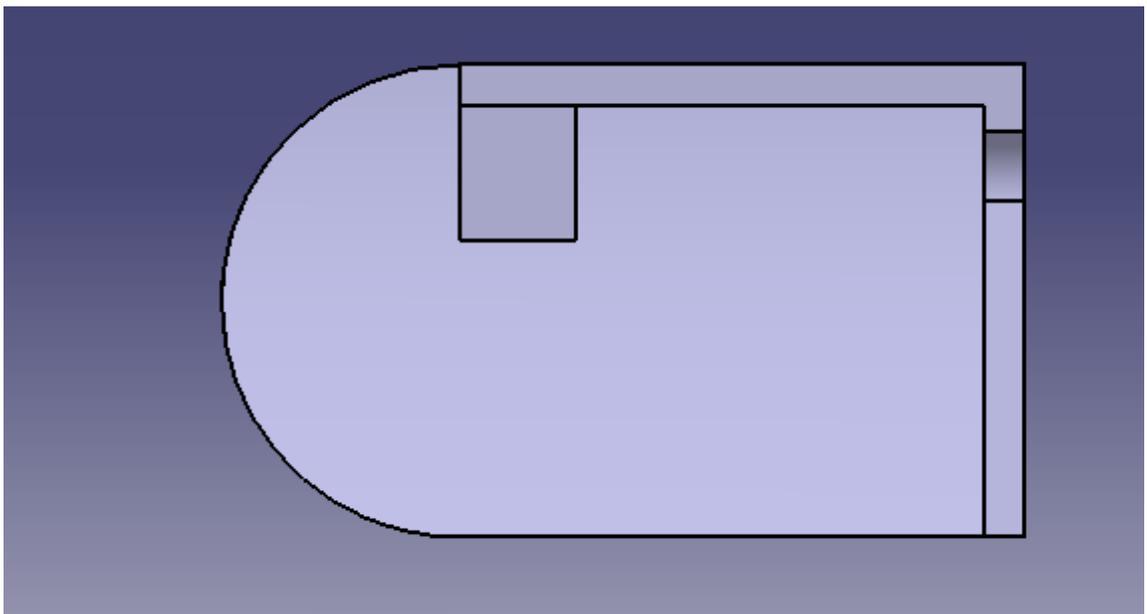


Figura 41 Vista lateral de la pieza final 2

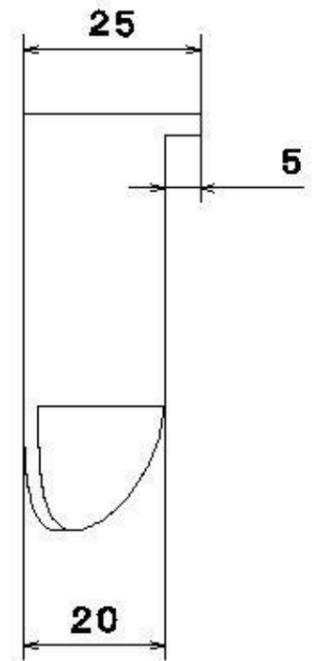
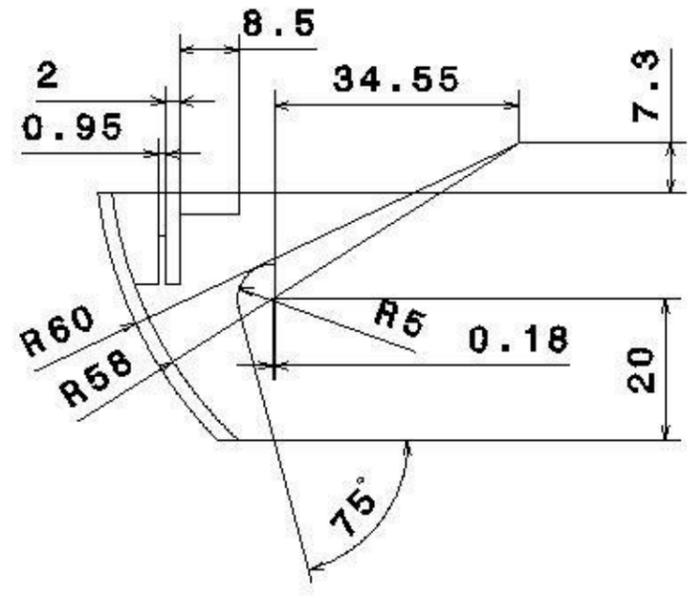
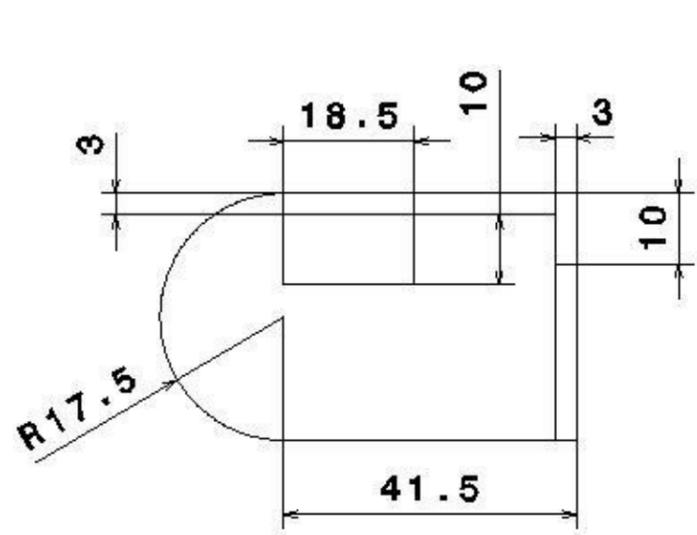
Con esto la pieza ya estaría adaptada para la nueva montura manteniendo las características deseadas.

## 4.6. Planos constructivos

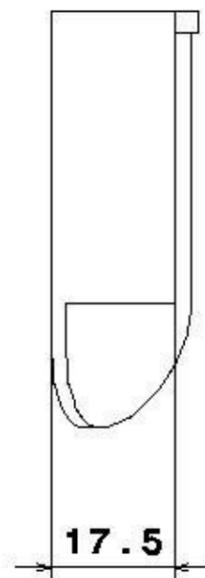
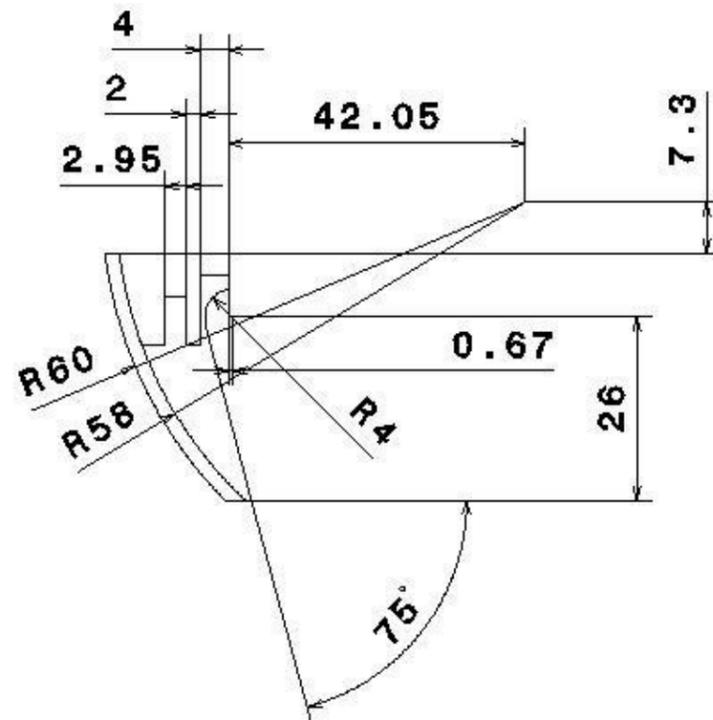
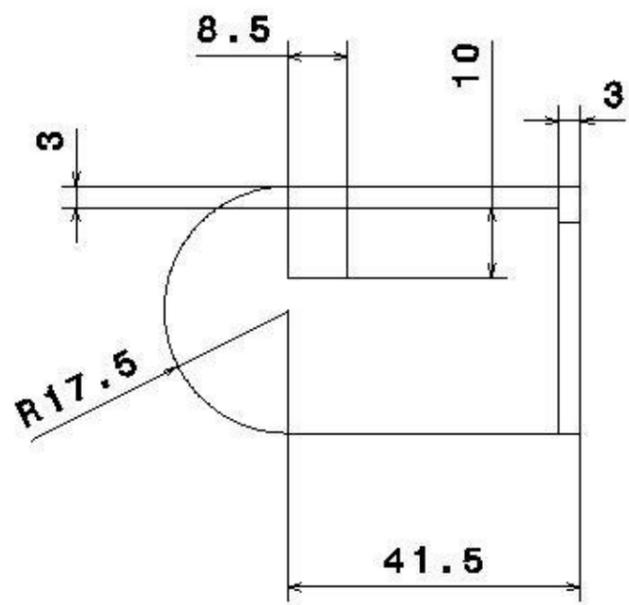
Los planos constructivos, o de detalle, son los planos del diseño final del objeto, se utilizan para definir por completo el objeto sin dejar lugar a ninguna duda sobre el diseño.

En estos planos se representa la geometría y las dimensiones necesarias para su fabricación, puede incluir a mayores datos relativos al proceso de fabricación tales como redondeos de fabricación.

Catia V5 es de nuevo el software elegido en este trabajo para la realización de los planos constructivos utilizando su módulo de planos llamado *Drafting*. En este módulo realizan los planos a partir del modelo en 3D.



Redondeo de fabricación $R = 0,3$	
Escuela de Ingenierías Industriales	
TITULO DEL PLANO	
PROTECTOR AUXILIAR PARA MONTURA DE GAFAS 1	
DIBUJADO POR	FECHA
Javier Espinel	01/09/21
TAMAÑO	
A3	
ESCALA 1:1	PAGINA 1/1



Redondeo de fabricación  $R = 0,3$

Escuela de Ingenierías Industriales

TITULO DEL PLANO

PROTECTOR AUXILIAR PARA MONTURA DE GAFAS 2

DIBUJADÓ POR

Javier Espinel

FECHA

01/09/21

TAMAÑO

A3

ESCALA 1:1

PAGINA 1/1



## **5. Conclusiones**

Las conclusiones del trabajo son las siguientes:

- La impresión 3D es una tecnología de fabricación muy versátil, con variedad de procesos y materiales disponibles.
- La metodología de Bruno Munari sobre el desarrollo y diseño es objetos es una forma eficaz de diseñar objetos gracias a su sistematización.
- El software de CAD Catia V5 es un programa muy útil a la hora de diseñar objetos y de realizar sus planos constructivos.
- El protector lateral diseñado sirve como una protección auxiliar en los casos donde no es obligatorio el uso de gafas de seguridad.

## **6. Líneas Futuras**

Una de las líneas futuras de trabajo en este tema puede ser el diseño de un objeto que sirva como sustituto de las gafas de seguridad para la gente que lleva gafas de forma que cumpla toda la normativa de seguridad y permita a la gente llevarlo por encima de las gafas.

Otra línea futura de trabajo se podría basar en el diseño de otros tipos de accesorios para una montura de gafas como por ejemplo un sistema para que no se empañaran las gafas con el uso de una mascarilla.

## 7. Bibliografía y Referencias

Kodama, H. (1981). Automatic method for fabricating a three-dimensional plastic model with photo-hardening polymer. *Review of scientific instruments*, 52(11), 1770-1773.

Francolí, J. F., & Díaz, R. B. (2014). Estado actual y perspectivas de la impresión en 3D. *Artículos de economía industrial*.

Pei, E. (2019). Editorial PIAM october 2019.

Munari, B. (1981). Metodología Proyectual. *Carmen Artal Rodríguez, 1*.

Munari, B. (1981). Da cosa nasce cosa. Appunti per una metodologia progettuale. Barcelona: Gustavo Gilí

<https://patents.google.com/> (consultado en Julio 2021)

<https://scholar.google.es/> (consultado en Julio 2021)

<https://patents.google.com/patent/US6910767B2/en?q=protector+lateral+gafas&oq=protector+lateral+gafas> (consultado en Agosto 2021)

<https://patents.google.com/patent/USD740351S1/en?q=protector+lateral+gafas&oq=protector+lateral+gafas> (consultado en Agosto 2021)

<https://patents.google.com/patent/US10627652B2/en?q=protector+lateral+gafas&oq=protector+lateral+gafas> (consultado en Agosto 2021)

<https://support.formlabs.com/s/article/Using-Flexible-Resin?language=es#postcuring> (consultado en Julio 2021)

<https://www.impresoras3d.com/producto/form-3-formlabs/> (consultado en Julio 2021)

<https://desarrolloweb.com/articulos/1597.php> (consultado en Agosto 2021)

<https://slideplayer.es/slide/5616224/2/images/29/Metodolog%C3%ADa+Munari+Problema+%E2%80%93+Arroz+Verde.jpg> (consultado en Agosto 2021)

<https://sbags.es/proyecto-bolsas-personalizadas-3d-tecnicas-de-impresion/> (consultado en Julio 2021)

<https://tresde.pe/tipos-de-impresion/> (consultado en Julio 2021)

<https://www.3dnatives.com/es/sinterizado-selectivo-por-laser-les-explicamos-todo/#!> (consultado en Julio 2021)

<https://prysmav.com/impresion-3d-y-la-manufactura-de-productos/>  
(consultado en Agosto 2021)

<https://www.enfermania.com/gafas-de-proteccion-montura-universal.html>  
(consultado Agosto 2021)

<https://www.interempresas.net/ObrasPublicas/FeriaVirtual/Producto-Gafas-de-montura-universal-2730-189721.html> (consultado Agosto 2021)

<https://www.boe.es/buscar/pdf/1995/BOE-A-1995-24292-consolidado.pdf>  
(consultado Septiembre 2021)

## 8. Anexos

## Datos de las propiedades de la Flexible 80A Resin

	MÉTRICO <sup>1</sup>		IMPERIAL <sup>1</sup>		MÉTODO
	No poscurada	Poscurada <sup>2</sup>	No poscurada	Poscurada <sup>2</sup>	
<b>Propiedades mecánicas</b>					
Resistencia a la rotura por tracción <sup>3</sup>	3,7 MPa	8,9 MPa	539 psi	1290 psi	ASTM D 412-06 (A)
Esfuerzo de alargamiento al 50 %	1,5 MPa	3,1 MPa	218 psi	433 psi	ASTM D 412-06 (A)
Esfuerzo de alargamiento al 100 %	3,5 MPa	6,3 MPa	510 psi	909 psi	ASTM D 412-06 (A)
Alargamiento de rotura	100 %	120 %	100 %	120 %	ASTM D 412-06 (A)
Dureza Shore	70A	80A	70A	80A	ASTM 2240
Deformación permanente por compresión (23 °C durante 22 horas)	No sometida a ensayo	3 %	No sometida a ensayo	3 %	ASTM D 624-00
Deformación permanente por compresión (70 °C durante 22 horas)	No sometida a ensayo	5 %	No sometida a ensayo	5 %	ASTM D 395-03 (B)
Resistencia al desgarro <sup>4</sup>	11 kN/m	24 kN/m	61 lbf/in	137 lbf/in	ASTM D 395-03 (B)
Fatiga de flexión Ross a 23 °C	No sometida a ensayo	>200 000 ciclos	No sometida a ensayo	>200 000 ciclos	ASTM D1052, (IZOD), flexión de 60°, 100 ciclos/minuto
Fatiga de flexión Ross a -10 °C	No sometida a ensayo	>50 000 ciclos	No sometida a ensayo	>50 000 ciclos	ASTM D1052, (IZOD), flexión de 60°, 100 ciclos/minuto
Resiliencia Bayshore	No sometida a ensayo	28 %	No sometida a ensayo	28 %	ASTM D2632
<b>Propiedades térmicas</b>					
Temperatura de transición vítrea	No sometida a ensayo	27 °C	No sometida a ensayo	27 °C	Análisis mecánico dinámico (DMA)

<sup>1</sup>Las propiedades del material pueden variar en función de la geometría de la pieza, la orientación y ajustes de impresión y la temperatura.

<sup>2</sup>Datos obtenidos de piezas impresas con la Form 3, a 100 µm y con ajustes para la Flexible Resin. Las piezas se han lavado en la Form Wash durante 10 minutos y se han sometido a poscurado en una Form Cure a 60 °C durante 10 minutos.

<sup>3</sup>El ensayo de tracción se realizó tras más de tres horas a 23 °C, usando un espécimen con troquel C cortado a partir de láminas.

<sup>4</sup>El ensayo de desgarro se realizó tras más de tres horas a 23 °C, usando un espécimen de desgarro con troquel C impreso directamente.

## Compatibilidad de los disolventes

Incremento de peso porcentual a lo largo de 24 horas de un cubo impreso de 1 x 1 x 1 cm, poscurado y sumergido en el disolvente respectivo:

Disolvente	Incremento de peso en 24 h (%)	Disolvente	Incremento de peso en 24 h (%)
Ácido acético, 5 %	0,9	Peróxido de hidrógeno (3 %)	0,7
Acetona	37,4	Isoctano (gasolina)	1,6
Alcohol isopropílico	11,7	Aceite mineral ligero	0,1
Lejía, ~5 % NaOCl	0,6	Aceite mineral pesado	<0,1
Acetato de butilo	51,4	Agua salada (3,5 % NaCl)	0,5
Diésel	2,3	Hidróxido de sodio (0,025 %, pH = 10)	0,6
Éter monometílico de dietilenglicol	19,3	Agua	0,7
Aceite hidráulico	1,0	Xileno	64,1
Skydrol 5	10,7	Ácido fuerte (HCl concentrado)	28,6
Éter monometílico de tripropilenglicol	13,6		

Abril 2002

## TÍTULO

**Protección individual de los ojos**

**Especificaciones**

*Personal eye-protection. Specifications.*

*Protection individuelle de l'oeil. Spécifications.*

## CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 166 de noviembre de 2001.

## OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-EN 166 de abril de 1996.

## ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 81 *Prevención y Medios de Protección Personal y Colectiva en el Trabajo* cuya Secretaría desempeña AENOR-INSHT.

Editada e impresa por AENOR  
Depósito legal: M 16797:2002

© AENOR 2002  
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

**AENOR**

Asociación Española de  
Normalización y Certificación

C Génova, 6  
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00  
Fax 91 310 40 32

39 Páginas

**Grupo 24**



Versión en español

## **Protección individual de los ojos Especificaciones**

**Personal eye-protection. Specifications.**

**Protection individuelle de l'oeil.  
Spécifications.**

**Persönlicher Augenschutz.  
Anforderungen.**

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2001-09-02. Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional.

Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales, pueden obtenerse en la Secretaría Central de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada a la Secretaría Central, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

**CEN**  
**COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN**  
European Committee for Standardization  
Comité Européen de Normalisation  
Europäisches Komitee für Normung  
**SECRETARÍA CENTRAL: Rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles**

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>5</b>
<b>1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN</b> .....	<b>6</b>
<b>2 NORMAS PARA CONSULTA</b> .....	<b>6</b>
<b>3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES</b> .....	<b>7</b>
<b>4 CLASIFICACIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>4.1 Función de los protectores de los ojos</b> .....	<b>7</b>
<b>4.2 Tipos de protectores oculares</b> .....	<b>8</b>
<b>4.3 Tipos de oculares</b> .....	<b>8</b>
<b>5 DESIGNACIÓN DE FILTROS</b> .....	<b>8</b>
<b>6 REQUISITOS DE DISEÑO Y FABRICACIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>6.1 Construcción general</b> .....	<b>10</b>
<b>6.2 Materiales</b> .....	<b>10</b>
<b>6.3 Bandas para cabeza</b> .....	<b>10</b>
<b>7 REQUISITOS BÁSICOS, PARTICULARES Y OPCIONALES</b> .....	<b>10</b>
<b>7.1 Requisitos básicos</b> .....	<b>10</b>
<b>7.2 Requisitos particulares</b> .....	<b>16</b>
<b>7.3 Requisitos opcionales</b> .....	<b>18</b>
<b>8 ASIGNACIÓN DE REQUISITOS. MÉTODOS DE ENSAYO Y APLICACIONES</b> .....	<b>19</b>
<b>8.1 Requisitos y métodos de ensayo</b> .....	<b>19</b>
<b>8.2 Métodos de ensayo para el examen de tipo</b> .....	<b>19</b>
<b>8.3 Aplicación de los tipos de protectores oculares</b> .....	<b>19</b>
<b>9 MARCADO</b> .....	<b>27</b>
<b>9.1 Generalidades</b> .....	<b>27</b>
<b>9.2 Marcado de los oculares</b> .....	<b>27</b>
<b>9.3 Marcado de la montura</b> .....	<b>32</b>
<b>9.4 Marcado de protectores de los ojos en los que la montura y los oculares forman una unidad indisociable</b> .....	<b>35</b>
<b>10 INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL FABRICANTE</b> .....	<b>36</b>
<b>ANEXO ZA (Informativo) CAPÍTULOS DE ESTA NORMA EUROPEA RELACIONADOS CON LOS REQUISITOS ESENCIALES U OTRAS DISPOSICIONES DE LAS DIRECTIVAS DE LA UE</b> .....	<b>37</b>

### ANTECEDENTES

Esta norma europea ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 85 *Equipos de protección de los ojos*, cuya Secretaría desempeña AFNOR.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a la misma o mediante ratificación antes de finales de mayo de 2002, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de mayo de 2002.

Esta norma anula y sustituye a la Norma EN 166:1995

Esta norma europea ha sido elaborada bajo un Mandato dirigido a CEN por la Comisión Europea y por la Asociación Europea de Libre Cambio, y sirve de apoyo a los requisitos esenciales de las Directivas europeas.

La relación con las Directivas UE se recoge en el anexo informativo ZA, que forma parte integrante de esta norma.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

## 1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma europea especifica los requisitos funcionales para diferentes tipos de protectores individuales de los ojos e incorpora consideraciones generales tales como:

- designación;
- clasificación;
- requisitos básicos aplicables a todos los protectores de los ojos;
- diversos requisitos particulares y opcionales;
- atribución de los requisitos, ensayos y aplicaciones;
- marcado;
- información para los usuarios.

Los requisitos de transmitancia para los distintos tipos de oculares filtrantes se indican en otras normas (véase capítulo 2).

Esta norma europea es aplicable a todos los tipos de protectores individuales de los ojos que se utilizan contra distintos riesgos, tal como se dan en la industria, laboratorios, centros educativos, actividades de bricolaje, etc., que pueden producir lesiones en los ojos o alteraciones de la visión, con la excepción de la radiación nuclear, rayos X, rayos láser y radiación infrarroja (IR) emitida por fuentes a baja temperatura.

Los requisitos de esta norma no son aplicables a los protectores de los ojos para los que existen otras normas completas e independientes tales como protectores láser, gafas solares para uso general, etc. a menos que en dichas normas se haga referencia explícita a esta norma.

Los requisitos de esta norma se aplican a los oculares para soldadura y procesos similares pero no se aplican a los protectores para protección de los ojos y la cara en soldadura y procesos similares, cuyos requisitos se indican en la Norma EN 175.

No se excluyen del campo de aplicación de esta norma los protectores oculares provistos de lentes correctoras. Las tolerancias de potencia óptica y otras características especiales relacionadas con los requisitos exigidos se especifican en las Normas EN ISO 8980-1 y la EN ISO 8980-2.

## 2 NORMAS PARA CONSULTA

Esta norma europea incorpora disposiciones de otras publicaciones por su referencia, con o sin fecha. Estas referencias normativas se citan en los lugares apropiados del texto de la norma y se relacionan a continuación. Para las referencias con fecha, no son aplicables las revisiones o modificaciones posteriores de ninguna de las publicaciones. Para las referencias sin fecha, se aplica la edición en vigor del documento normativo al que se haga referencia (incluyendo sus modificaciones).

EN 165 – *Protección individual de los ojos. Vocabulario.*

EN 167:2001 – *Protección individual de los ojos. Métodos de ensayo ópticos.*

EN 168:2001 – *Protección individual de los ojos. Métodos de ensayo no ópticos.*

EN 169 – *Protección individual de los ojos. Filtros para soldadura y técnicas relacionadas. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado.*

EN 170 – *Protección individual de los ojos. Filtros para el ultravioleta. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado.*

EN 171 – *Protección individual de los ojos. Filtros para el infrarrojo. Especificaciones del coeficiente de transmisión (transmitancia) y uso recomendado.*

EN 172 – *Protección individual del ojo. Filtros de protección solar para uso laboral.*

EN 175 – *Protección individual. Equipos para la protección de ojos y la cara durante la soldadura y técnicas afines.*

EN 379 – *Especificaciones para filtros de soldadura con factor de transmisión luminosa variable y filtros de soldadura con doble factor de transmisión en el visible.*

EN ISO 8980-1 – *Óptica oftálmica. Lentes terminadas sin biselar para gafas. Parte 1: Especificaciones para lentes monofocales y multifocales.*

EN ISO 8980-2 – *Óptica oftálmica. Lentes terminadas sin biselar para gafas. Parte 2: Especificaciones para lentes progresivas.*

EN ISO 8980-3 – *Óptica oftálmica. Lentes terminadas sin biselar para gafas. Parte 3: Especificaciones de transmitancia y métodos de ensayo (ISO 8980-3:1999).*

### 3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los fines de esta norma europea, se aplican los términos y definiciones dados en la Norma EN 165, además de los siguientes.

**3.1 centro visual:** Punto del ocular correspondiente a la intersección de los planos horizontal y vertical a través de la pupila de la cabeza de prueba especificada en el capítulo 17 de la Norma EN 168:2001, cuando sobre ella se coloca el protector ocular de acuerdo con las instrucciones del fabricante

### 4 CLASIFICACIÓN

#### 4.1 Función de los protectores de los ojos

La función de los protectores de los ojos consiste en proporcionar protección frente a:

- impactos de distinta intensidad;
- radiaciones ópticas;
- metales fundidos y sólidos candentes;
- gotas y salpicaduras;
- polvo;
- gases;
- arcos eléctricos de circuito corto;

o cualquier combinación de estos riesgos.

## 4.2 Tipos de protectores oculares

NOTA – Véanse las definiciones dadas en la Norma EN 165.

### 4.2.1 Gafas, con o sin protección lateral

### 4.2.2 Gafas de montura integral

### 4.2.3 Pantalla facial

NOTA – Generalmente, las pantallas faciales suelen incorporar una banda de sujeción para la cabeza, cubre-frente, casco, capuz protector o cualquier otro dispositivo de acoplamiento apropiado.

## 4.3 Tipos de oculares

### 4.3.1 Oculares minerales (vidrio)

#### 4.3.1.1 Oculares minerales no securizados

**4.3.1.2 Oculares minerales securizados**, química, térmicamente o mediante cualquier otro proceso que proporcione una mayor resistencia ante impactos en comparación con los oculares minerales no securizados.

#### 4.3.2 Oculares orgánicos (plásticos)

**4.3.3 Oculares laminados.** Oculares formados por múltiples capas unidas entre sí mediante un material ligante.

NOTA – Todos los tipos de oculares también pueden clasificarse en función de su acción filtrante (por ejemplo, según las Normas EN 169, EN 170, EN 171, EN 172 y EN 379). También pueden clasificarse en oculares con efecto corrector y oculares sin efecto corrector. También pueden tener recubrimientos superficiales que les confieran características adicionales.

## 5 DESIGNACIÓN DE FILTROS

Las características de transmitancia de un filtro están representadas por la llamada clase de protección.

La escala de protección es una combinación del número de código y el número correspondiente al grado de protección del filtro, separados mediante un guión.

La clase de protección de los filtros de soldadura no incluye el código numérico; tan sólo el que indica el grado de protección.

La tabla 1 muestra la designación de los diferentes tipos de filtros especificados en esta norma europea.

**Tabla 1**  
**Clases de protección de los filtros**

Filtros de soldadura	Filtros ultravioleta		Filtros infrarrojos	Filtros solares	
	Sin código numérico	Código numérico 2	Código numérico 3	Código numérico 4	Código numérico 5
<b>Clase de protección</b>					
1,2	2 – 1,2	3 – 1,2	4 – 1,2	5 – 1,1	6 – 1,1
1,4	2 – 1,4	3 – 1,4	4 – 1,4	5 – 1,4	6 – 1,4
1,7		3 – 1,7	4 – 1,7	5 – 1,7	6 – 1,7
2		3 – 2	4 – 2	5 – 2	6 – 2
2,5		3 – 2,5	4 – 2,5	5 – 2,5	6 – 2,5
3		3 – 3	4 – 3	5 – 3,1	6 – 3,1
4		3 – 4	4 – 4	5 – 4,1	6 – 4,1
4a					
5		3 – 5	4 – 5		
5a					
6			4 – 6		
6a					
7			4 – 7		
7a					
8			4 – 8		
9			4 – 9		
10			4 – 10		
11					
12					
13					
14					
15					
16					
NOTA	Leyenda de los códigos numéricos:				
2	filtro ultravioleta, puede alterar el reconocimiento de los colores;				
3	filtro ultravioleta que permite buen reconocimiento del color;				
4	filtro infrarrojo;				
5	filtro solar sin especificación para el infrarrojo;				
6	filtro solar con especificación para el infrarrojo.				

## 6 REQUISITOS DE DISEÑO Y FABRICACIÓN

### 6.1 Construcción general

Los protectores oculares deben estar exentos de protuberancias, aristas vivas u otros defectos que puedan causar molestias o heridas durante su utilización.

### 6.2 Materiales

Ninguna parte de los protectores oculares que esté en contacto directo con el usuario debe estar fabricada con materiales conocidos como causantes de irritaciones en la piel.

### 6.3 Bandas de cabeza

Las bandas de cabeza, cuando se empleen como principal elemento de sujeción, deben ser, como mínimo, de 10 mm de anchura en cualquier porción que entre en contacto con la cabeza del usuario. Las bandas de cabeza deben ser ajustables o auto-ajustables.

## 7 REQUISITOS BÁSICOS, PARTICULARES Y OPCIONALES

Todos los protectores de los ojos deben cumplir los requisitos básicos enunciados en el apartado 7.1.

Además, según la función de cada uno y, si procede, deben cumplir uno o más de los requisitos particulares dispuestos en el apartado 7.2.

Los requisitos opcionales referidos a las características adicionales de los protectores de los ojos se dan en el apartado 7.3.

### 7.1 Requisitos básicos

**7.1.1 Campo de visión.** El tamaño del campo de visión se determina junto con la cabeza de pruebas adecuada descrita en el capítulo 17 de la Norma EN 168:2001.

Los protectores oculares deben presentar, como mínimo, un campo de visión definido por los dos elipses de la figura 1 cuando se colocan y centran a una distancia de 25 mm de la superficie de los ojos de la cabeza de pruebas apropiada. El eje horizontal debe ser paralelo a, y a 0,7 mm por debajo de, la línea que conecta los centros de ambos ojos.

Las elipses deben poseer una anchura horizontal de 22,0 mm y una anchura vertical de 20,0 mm. La distancia entre los centros de las dos elipses debe ser de  $d = c + 6$  mm, donde  $c$  es la distancia interpupilar. La distancia interpupilar de la cabeza de pruebas media es de 64 mm y la de la pequeña es de 54 mm, si el fabricante no indica otra cosa.

El ensayo debe llevarse a cabo de acuerdo con el capítulo 18 de la Norma EN 168:2001.

Dimensiones en milímetros

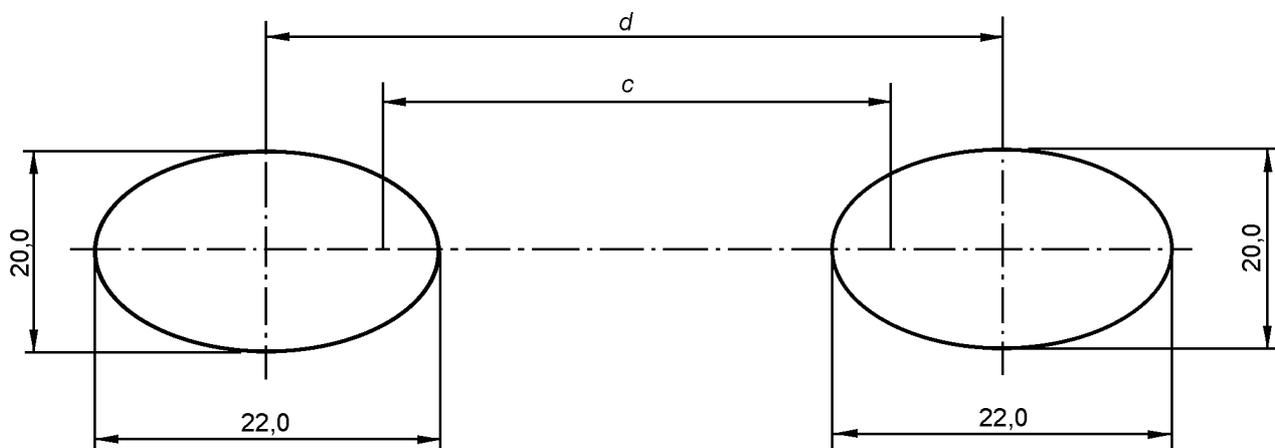


Fig. 1 – Determinación del campo de visión

### 7.1.2 Requisitos ópticos

**7.1.2.1 Potencias refractivas esférica, astigmática y prismática.** Las potencias ópticas de los oculares deben medirse utilizando los métodos de referencia especificados en el capítulo 3 de la Norma EN 167:2001. Este capítulo también hace referencia a un método opcional para circunstancias específicas; los detalles de este método se dan en el anexo A de la Norma EN 167:2001.

**7.1.2.1.1 Oculares no montados que cubren un solo ojo.** Las potencias ópticas de los oculares no montados deben medirse utilizando el método de referencia especificado en el apartado 3.1 de la Norma EN 167:2001 (oculares no correctores), y los métodos indicados en la Norma EN ISO 8980-3 (oculares correctores).

Las tolerancias admisibles para los oculares sin efecto corrector se encuentran en la tabla 2.

Las desviaciones admisibles para las potencias frontales de los oculares con efecto corrector se especifican en las Normas EN ISO 8980-1 y EN ISO 8980-2. Los oculares que cumplan con las Normas EN ISO 8980-1 y EN ISO 8980-2 deben catalogarse como clase 1. Para la clase 2, las desviaciones en las potencias frontales pueden ser 0,06 m<sup>-1</sup> superiores a las de la clase 1.

**Tabla 2**  
Tolerancias admisibles para las potencias ópticas de oculares no montados sin efecto corrector y que cubran un solo ojo

Clase óptica	Potencia refractiva esférica $(D_1 + D_2)/2$ m <sup>-1</sup>	Potencia a refractiva astigmática $ D_1 - D_2 $ m <sup>-1</sup>	Potencia refractiva prismática cm/m
1	± 0,06	0,06	0,12
2	± 0,12	0,12	0,12

NOTA –  $D_1$  y  $D_2$  son las potencias refractivas en los dos meridianos principales

**7.1.2.1.2 Oculares montados y no montados que cubren ambos ojos.** Las características de potencia refractiva de oculares montados o no montados que cubren ambos ojos deben medirse según el método especificado en el apartado 3.2 de la Norma EN 167:2001, en el centro visual del ocular.

Las tolerancias admisibles para oculares sin efecto corrector se muestran en la tabla 3.

Las desviaciones admisibles en las potencias frontales de los oculares con efecto corrector son las definidas en el apartado 7.1.2.1.1. No deben admitirse desviaciones que corresponderían a la clase 3.

NOTA – La diferencia en la potencia refractiva prismática especificada para un protector de los ojos depende no sólo de la potencia refractiva prismática de cada ocular, sino también de la posición del eje óptico del ocular en relación con el eje de visión, y, por tanto, de la forma de la montura. Por esta razón, es necesario el uso de oculares de recambio en los que la diferencia en la potencia prismática permanezca dentro de la tolerancia admisible para la montura en cuestión.

**Tabla 3**  
**Tolerancias admisibles en las potencias refractivas de oculares montados sin efecto corrector y oculares sin montar sin efecto corrector que cubren ambos ojos**

Clase óptica	Potencia refractiva esférica $(D_1 + D_2)/2$ $m^{-1}$	Potencia refractiva astigmática $ D_1 - D_2 $ $m^{-1}$	Diferencia de potencias refractiva prismáticas cm/m		
			Horizontal		Vertical
			base externa	base interna	
1	$\pm 0,06$	0,06	0,75	0,25	0,25
2	$\pm 0,12$	0,12	1,00	0,25	0,25
3	+ 0,12 – 0,25	0,25	1,00	0,25	0,25

NOTA –  $D_1$  y  $D_2$  son las potencias refractivas en los dos meridianos principales. Para la clase óptica 3 los ejes de los meridianos principales deben ser paralelos o formar un ángulo máximo de  $\pm 10^\circ$ .

**7.1.2.1.3 Cubrefiltros.** La potencia refractiva de los cubrefiltros no debe sobrepasar los límites de tolerancia especificados para la clase óptica 1, mostrados en las tablas 2 y 3.

### 7.1.2.2 Transmitancia

**7.1.2.2.1 Oculares sin acción filtrante.** Los oculares destinados a la protección de los ojos sólo frente a accidentes mecánicos o químicos, y los cubrefiltros, deben tener una transmitancia luminosa superior al 74,4%, cuando se determina conforme a las indicaciones del capítulo 6 de la Norma EN 167:2001 [basada en el iluminante CIE fuente A (2856 K)].

**7.1.2.2.2 Oculares con acción filtrante (filtros) y monturas para oculares filtrantes.** La transmitancia de los oculares con acción filtrante debe satisfacer los requisitos que se enuncian en las normas específicas relacionadas con los diversos tipos de oculares (véase el apartado 7.2.1).

Las gafas con montura integral y las pantallas faciales destinadas a la protección contra la radiación óptica deben proporcionar, al menos, igual nivel de protección contra la radiación óptica que el de cualquiera de los filtros que el fabricante o suministrador indique que pueden emplearse en el protector de ojos. El ensayo debe realizarse de acuerdo con el capítulo 6 de la Norma EN 167:2001.

**7.1.2.2.3 Variaciones en la transmitancia (Los oculares sin acción filtrante están exentos del cumplimiento de este requisito)**

**7.1.2.2.3.1 Oculares sin efecto corrector.** Las variaciones en la transmitancia luminosa deben medirse de acuerdo con el capítulo 7 de la Norma EN 167:2001.

Las variaciones relativas,  $P_1$  (y  $P_2$ ) en la transmitancia luminosa alrededor del(de los) centro(s) visual(es) no deben exceder los valores de la tabla 4.

La desviación relativa  $P_3$  en la transmitancia luminosa entre los 2 centros visuales de los oculares derecho e izquierdo no debe exceder los valores de la tabla 4 ó un 20%, tomando el valor mayor de éstos.

**Tabla 4**  
**Variaciones del factor de transmisión en el visible**

Transmitancia luminosa		Variación relativa admisible
Inferior a	Hasta	
%	%	%
100	17,8	± 5
17,8	0,44	± 10
0,44	0,023	± 15
0,023	0,0012	± 20
0,0012	0,000023	± 30

**7.1.2.2.3.2 Oculares con efecto corrector (oculares graduados).** Los requisitos indicados en el apartado 7.1.2.2.3.1 también deben aplicarse a los oculares correctores, siempre que no se tengan en cuenta las variaciones en la transmitancia luminosa debidas a las variaciones en el espesor inherentes al diseño del ocular y que, en ningún punto, la transmitancia luminosa se desvíe más de un factor de 2,68 (una unidad del grado de protección) con respecto al valor en el centro visual.

La transmitancia en el infrarrojo (IR) y en el ultravioleta (VV) deben satisfacer los requisitos del grado de protección especificado en cada punto del ocular.

**7.1.2.3 Difusión de la luz.** La difusión de la luz debe medirse siguiendo uno de los métodos de referencia especificados en el capítulo 4 de la Norma EN 167:2001.

El valor máximo del factor de luminancia reducido debe ser:

$$,00 \frac{\text{cd}}{\text{m}^2 \cdot \text{lx}} \quad \text{para filtros de soldadura;}$$

$$0,75 \frac{\text{cd}}{\text{m}^2 \cdot \text{lx}} \quad \text{para oculares empleados en protectores de los ojos contra impactos de partículas a gran velocidad;}$$

$$0,50 \frac{\text{cd}}{\text{m}^2 \cdot \text{lx}} \quad \text{para el resto de oculares.}$$

**7.1.3 Calidad de los materiales y de las superficies.** Salvo para una banda marginal de 5 mm de anchura, los oculares deben carecer de cualquier defecto significativo que pueda alterar la visión durante su uso, tal como burbujas, rayaduras, inclusiones, manchas, picaduras, marcas del molde, hebras, rugosidades, descascarillados, hendiduras y ondulaciones.

La verificación debe llevarse a cabo según el método descrito en el capítulo 5 de la Norma EN 167:2001.

#### 7.1.4 Solidez

**7.1.4.1 Solidez mínima.** Este requisito sólo afecta a los cubrefiltros y a los oculares con efecto filtrante y no es necesaria su verificación si estos elementos están diseñados con una solidez mecánica incrementada o resistencia contra impactos de partículas a gran velocidad, en cuyo caso deben cumplirse los requisitos de los apartados 7.1.4.2 ó 7.2.2.

El requisito para la solidez mínima se satisface si el ocular soporta la aplicación de una bola de acero de 22 mm de diámetro nominal con una fuerza de  $(100 \pm 2)$  N, cuando se ensaya siguiendo el procedimiento que se detalla en el capítulo 4 de la Norma EN 168:2001.

Después del ensayo, no deben observarse los siguientes defectos:

- Fractura del ocular: el ocular se considerará fracturado si se parte totalmente en dos o más trozos, o si más de 5 mg del material constituyente del ocular se separan de la superficie opuesta a la que está en contacto con la bola, o si la bola atraviesa el ocular.
- Deformación del ocular: el ocular se considerará deformado si aparece una marca en el papel blanco situado en la cara opuesta a aquélla en que se aplica la fuerza.

##### 7.1.4.2 Solidez incrementada

**7.1.4.2.1 Oculares no montados.** Los oculares deben soportar el impacto de una bola de acero de 22 mm de diámetro nominal, y masa mínima de 43 g, que choque con el ocular a una velocidad aproximada de 5,1 m/s, siguiendo el método especificado en el apartado 3.1 de la Norma EN 168:2001.

Después del ensayo no deben observarse los siguientes defectos:

- Fractura del ocular: el ocular se considerará fracturado si se parte completamente en dos o más trozos, o si más de 5 mg del material constituyente del ocular se separan de la superficie opuesta a la que es golpeada por la bola, o si la bola atraviesa el ocular.
- Deformación del ocular: el ocular se considerará deformado si aparece una marca en el papel blanco situado en la cara opuesta a la que es golpeada por la bola.

**7.1.4.2.2 Protectores oculares completos y monturas.** Los protectores oculares completos o las monturas deben soportar los impactos frontales y laterales de una bola de acero que golpee a una velocidad determinada.

El diámetro de la bola de acero y las velocidades de impacto se muestran en la tabla 5.

**Tabla 5**  
**Requisitos para la solidez incrementada de protectores oculares completos**

Tamaño, masa y velocidad de la bola de acero	Gafas de montura universal		Gafas de montura integral		Pantallas faciales
	Impacto frontal	Impacto lateral	Impacto frontal	Impacto lateral	
Bola de acero de 22 mm de diámetro nominal y masa mínima 43 g a una velocidad de 5,1 m/s aproximadamente	√	√	√	√	√

El ensayo se debe realizarse de acuerdo con el método especificado en el apartado 3.2 de la Norma EN 168:2001.

Si una montura de tipo universal lleva protectores laterales no debe ser posible tocar los puntos de impacto lateral sin haber golpeado el protector lateral.

Después de el ensayo no deben aparecer los siguientes fallos:

- a) Fractura del ocular: el ocular se considerará fracturado si se parte totalmente en dos o más trozos, o si más de 5 mg del material constituyente del ocular se separan de la superficie opuesta a la golpeada por la bola, o si la bola atraviesa el ocular.
- b) Deformación del ocular: el ocular se considerará deformado si aparece una marca en el papel blanco situado en la cara opuesta a la golpeada por la bola.
- c) Fractura del aro portaocular o de la montura: ocurre cuando la montura se rompe en dos o más trozos, o si queda incapacitada para mantener el ocular en su posición, o si un ocular intacto se separa de la montura, o si la bola atraviesa el aro portaocular o la montura.
- d) Fallo en la protección lateral: se considera que la protección lateral ha fallado si se rompe en dos o más trozos distintos, o si una o más partículas se separan de la superficie opuesta al punto de impacto, o si la bola la atraviesa completamente, o si se desprende total o parcialmente del protector ocular, o si sus componentes se separan.

**7.1.5 Resistencia al envejecimiento**

NOTA – Los cubrefiltros y oculares de vidrio mineral están exentos de estos ensayos. Los de vidrio laminado o securizado no están exentos.

**7.1.5.1 Estabilidad a temperatura elevada.** Los protectores completos no deben mostrar una deformación aparente cuando se ensayan según el método descrito en el capítulo 5 de la Norma EN 168:2001.

**7.1.5.2 Resistencia a la radiación ultravioleta (sólo oculares).** Los oculares deben someterse al ensayo de resistencia a la radiación ultravioleta de acuerdo con el método que se describe en el capítulo 6 de la Norma EN 168:2001.

Una vez finalizado el ensayo, los oculares deben satisfacer los siguientes requisitos:

- a) La variación relativa de la transmitancia luminosa no debe superar los valores especificados en la tabla 6.

Si para los filtros de soldadura, la variación relativa de la transmitancia luminosa supera los valores especificados en la tabla 6 permaneciendo sin embargo el valor real de la transmitancia luminosa dentro del intervalo establecido por su grado de protección, se recurrirá a una segunda irradiación de acuerdo con el capítulo 6 de la Norma EN 168:2001 sobre la misma muestra. La variación relativa en la transmitancia luminosa debida a la segunda irradiación no debe superar los valores mostrados en la tabla 6, y el valor real de la transmitancia luminosa debe permanecer dentro del intervalo correspondiente a su grado de protección.

- b) El valor del factor de luminancia reducido no debe sobrepasar los límites admisibles establecidos en el apartado 7.1.2.3.

**Tabla 6**

**Variación relativa admisible del factor de transmisión en el visible tras el ensayo con radiación ultravioleta**

Transmitancia luminosa		Variación relativa admisible
Inferior a	Hasta	
%	%	%
100	17,8	± 5
17,8	0,44	± 10
0,44	0,023	± 15
0,023	0,0012	± 20
0,0012	0,000023	± 30

**7.1.6 Resistencia a la corrosión.** Después de someterse al ensayo para la resistencia a la corrosión descrito en el capítulo 8 de la Norma EN 168:2001, todas las partes metálicas del protector de los ojos deben presentar superficies lisas y carentes de oxidación al ser examinadas por un observador experimentado.

**7.1.7 Resistencia a la ignición.** El protector ocular debe ensayarse de acuerdo con el método especificado en el capítulo 7 de la Norma EN 168:2001 y se considerará satisfactorio si ninguna parte del protector ocular se inflama ni continúa incandescente una vez apartada la varilla de acero.

## 7.2 Requisitos particulares

### 7.2.1 Protección contra la radiación óptica

**7.2.1.1 Filtros de soldadura** - Véase la Norma EN 169.

**7.2.1.2 Filtros ultravioleta** - Véase la Norma EN 170.

**7.2.1.3 Filtros infrarrojos** - Véase la Norma EN 171.

**7.2.1.4 Filtros solares para uso laboral** - Véase la Norma EN 172.

**7.2.1.5 Filtros de soldadura con factor de transmisión luminosa variable** - Véase la Norma EN 379.

**7.2.2 Protección contra impactos de partículas a gran velocidad.** Los protectores oculares destinados a proporcionar protección contra los impactos de partículas a gran velocidad, deben soportar el impacto de una bola de acero de 6 mm de diámetro nominal y con una masa mínima de 0,86 g, que golpee los oculares y las protecciones laterales a una de las velocidades que aparecen en la tabla 7.

Los protectores de los ojos destinados a la protección contra partículas a gran velocidad necesitan cumplir también los requisitos para la solidez incrementada, dados en el apartado 7.1.4.2.

**Tabla 7**  
**Requisitos relativos a la protección contra partículas a gran velocidad**

Tipo de protector ocular	Velocidad de impacto de la bola		
	Impacto a baja energía (F)	Impacto a energía media (B)	Impacto a alta energía (A)
	45 $^{+1,5}_{-0}$ m/s	120 $^{+3}_{-0}$ m/s	190 $^{+5}_{-0}$ m/s
Gafas de montura universal	+	No aplicable	No aplicable
Gafas de montura integral	+	+	No aplicable
Pantallas faciales	+	+	+

El ensayo debe efectuarse según el método especificado en el capítulo 9 de la Norma EN 168:2001.

No debe ser posible que la bola golpee los puntos de impacto laterales sin haber golpeado primero el protector lateral.

Después de este ensayo no deben producirse:

- Fractura del ocular: se considerará fracturado si el ocular se parte en dos o más trozos, o si más de 5 mg del material constituyente del ocular se separan de la superficie opuesta a la que recibe el impacto de la bola, o si la bola atraviesa el ocular.

- b) Deformación del ocular: se considerará deformado si aparece una marca en el papel blanco situado en la cara opuesta a la que recibe el impacto de la bola.
- c) Fallo del aro portaocular o de la montura: ocurre cuando el aro portaocular o la montura se separan en dos o más trozos, o si quedan incapacitados para mantener un ocular en posición, o si un ocular que no esté roto se separa de la montura, o si la bola atraviesa el portaocular o la montura.
- d) Fallo en la protección lateral: Se considera que la protección lateral ha fallado si se rompe en dos o más trozos distintos, o si una o más partículas se separan de la superficie opuesta al punto de impacto, o si la bola la atraviesa completamente, o si se desprende total o parcialmente del protector ocular, o si sus componentes se separan.

NOTA – Los protectores oculares contra impactos de partículas a gran velocidad deben incorporar protecciones laterales (véase el apartado 7.2.8).

**7.2.3 Protección contra metales fundidos y sólidos candentes.** Los protectores oculares destinados a proporcionar protección contra metales fundidos y sólidos candentes deben considerarse satisfactorios si:

- a) El protector ocular consiste en una pantalla facial o unas gafas de montura integral.
- b) El campo de visión de los oculares de las pantallas faciales una vez acoplados en el armazón tiene en la línea central una dimensión en sentido vertical de 150 mm como mínimo.
- c) Las pantallas faciales cubren el rectángulo de la región ocular de la cabeza artificial tal y como se indica en el apartado 10.2 de la Norma EN 168:2001.
- d) El protector ocular satisface los requisitos para un impacto perteneciente a una de las tres categorías que se indican en el apartado 7.2.2.
- e) Al ser ensayados y verificados de acuerdo con el apartado 10.1 de la Norma EN 168:2001, evitan la adherencia de metales fundidos en la zona del protector de los ojos que ofrece protección al rectángulo ABCD definido en el capítulo 11 de la Norma EN 168:2001.
- f) No se produce ninguna penetración completa en los oculares para gafas de montura integral, ni en ningún tipo de monturas, portaoculares, protectores de la frente, etc. en un intervalo de tiempo de 7 s después del ensayo según el capítulo 11 de la Norma EN 168:2001.
- g) No se produce ninguna penetración completa en los oculares para pantallas faciales en un intervalo de tiempo de 5 s después del ensayo descrito en el capítulo 11 de la Norma EN 168:2001.

**7.2.4 Protección contra gotas y salpicaduras de líquidos.** Los protectores de los ojos utilizados para la protección contra gotas (gafas de montura integral) y salpicaduras de líquidos (pantallas faciales), deben ensayarse siguiendo los métodos especificados en el capítulo 12 de la Norma EN 168:2001. Los resultados deben considerarse satisfactorios si:

- a) No aparece coloración rosa o roja en las regiones oculares definidas por los dos círculos al verificar las gafas de montura integral para la protección contra gotas. No debe tenerse en cuenta el enrojecimiento que aparezca a una distancia menor o igual de 6 mm desde los bordes del protector ocular hacia adentro.
- b) Las pantallas faciales cubren el rectángulo de la región ocular de la cabeza artificial adecuada según se describe en el apartado 10.2.2.2 de la Norma EN 168:2001 al realizar la verificación de acuerdo con el apartado 10.2 de la Norma EN 168:2001.

Además, las pantallas faciales para la protección contra salpicaduras de líquidos deben tener un campo de visión con una dimensión en la línea central de 150 mm, como mínimo, en sentido vertical una vez acopladas en el armazón.

**7.2.5 Protección contra partículas de polvo gruesas.** Los protectores oculares destinados a proteger contra partículas de polvo gruesas deben ensayarse siguiendo el método especificado en el capítulo 13 de la Norma EN 168:2001. El resultado debe considerarse satisfactorio si la reflectancia después del ensayo no es inferior al 80% del valor antes del ensayo.

**7.2.6 Protección contra gases y partículas de polvo finas.** Los protectores oculares utilizados para la protección contra gases y partículas de polvo finas deben ensayarse siguiendo el método especificado en el capítulo 14 de la Norma EN 168:2001. Deben considerarse satisfactorios si no aparece coloración rosa o roja en el área cubierta por el protector ocular. No deben tenerse en cuenta la coloración que aparezca a una distancia menor o igual a 6 mm de los bordes del protector ocular hacia adentro.

**7.2.7 Protección contra el arco eléctrico de cortocircuito.** Solamente las pantallas faciales debe servir para la protección contra el arco eléctrico de cortocircuito. No deben tener partes metálicas al descubierto y todos los bordes exteriores del protector deben estar redondeados, biselados o tratados de otra manera para eliminar las aristas vivas.

El ocular debe tener un espesor mínimo de 1,4 mm, y una clase de protección 2-1,2 ó 3-1,2.

Las pantallas faciales deben satisfacer los requisitos para la zona protegida definida en el apartado 6.2.4(b) y deben tener, una vez acopladas en el armazón, un campo de visión con una dimensión mínima de 150 mm en la línea central vertical.

NOTA – La especificación de un espesor mínimo de 1,4 mm para el ocular se obtuvo a partir de una serie de ensayos realizados en Alemania con una amplia variedad de materiales, incluyendo el policarbonato, acetato de celulosa y propionato de celulosa. La distancia del arco eléctrico al material a ensayar fue de 300 mm y las características del arco fueron las siguientes:

Intensidad	= 12 kA máx.;
Tensión	= 380 – 400 V;
Frecuencia	= 50 Hz nominal;
Duración	= 1 s máx.

**7.2.8 Protección lateral.** Los protectores oculares que vayan a llevar protección lateral deben superar la verificación de la zona protegida detallada en el capítulo 19 de la Norma EN 168:2001.

### 7.3 Requisitos opcionales

Se especifican requisitos opcionales para características adicionales de los protectores oculares que, en función del trabajo, puedan considerarse beneficiosas para el usuario.

**7.3.1 Resistencia al deterioro superficial por partículas finas.** Si los oculares se consideran resistentes al deterioro superficial por partículas finas, es esencial que, después del ensayo descrito en el capítulo 15 de la Norma EN 168:2001, tengan un factor de luminancia reducido no superior a  $5 \frac{\text{cd}}{\text{m}^2 \cdot \text{lx}}$ .

NOTA – Este ensayo no verifica la resistencia a la abrasión.

**7.3.2 Resistencia de los oculares al empañamiento.** Si los oculares se consideran resistentes al empañamiento, deben permanecer libres de éste durante un periodo mínimo de 8 s después de su ensayo según el método especificado en el capítulo 16 de la Norma EN 168:2001.

NOTA – Este ensayo no verifica la resistencia al empañamiento del protector ocular completo.

**7.3.3 Oculares con alta reflectancia en el infrarrojo.** Los oculares considerados de alta reflectancia en el infrarrojo deben tener una reflectancia media superior al 60% en la banda de longitudes de onda de 780 nm a 2 000 nm, medida de acuerdo con el capítulo 8 de la Norma EN 167:2001.

**7.3.4 Protección contra partículas a gran velocidad a temperaturas extremas.** Los protectores oculares destinados a su utilización en la protección contra partículas a gran velocidad a temperaturas extremas deben resistir el impacto de una bola de acero de 6 mm de diámetro nominal y, al menos, 0,86 g de masa, golpeando los oculares y las protecciones laterales a una de las velocidades indicadas en la tabla 7. Los impactos deben llevarse a cabo después de que los protectores oculares se hayan acondicionado a las temperaturas extremas [(55 ± 2) °C y (-5 ± 2) °C] empleando el método especificado en el capítulo 9 de la Norma EN 168:2001.

No debe ser posible que la bola golpee los puntos de impacto laterales sin haber golpeado primero el protector lateral.

Después de este ensayo no deben producirse:

- a) Fractura del ocular: se considerará fracturado si el ocular se parte en dos o más trozos, o si más de 5 mg del material constituyente del ocular se separan de la superficie opuesta a la que recibe el impacto de la bola, o si la bola atraviesa el ocular.
- b) Deformación del ocular: se considerará deformado si aparece una marca en el papel blanco situado en la cara opuesta a la que recibe el impacto de la bola.
- c) Fallo del aro portaocular o de la montura: ocurre cuando el aro portaocular o la montura se separan en dos o más trozos, o si quedan incapacitados para mantener un ocular en posición, o si un ocular no roto se separa de la montura, o si la bola atraviesa el portaocular o la montura.
- d) Fallo de la protección lateral: Se considera que la protección lateral ha fallado si se rompe en dos o más trozos distintos, o si una o más partículas se separan de la superficie opuesta al punto de impacto, o si la bola la atraviesa completamente, o si se desprende total o parcialmente del protector ocular, o si sus componentes se separan.

NOTA – Los protectores oculares contra impactos de partículas a gran velocidad a temperaturas extremas deben incorporar protecciones laterales (véase el apartado 7.2.8).

## **8 ASIGNACIÓN DE REQUISITOS. MÉTODOS DE ENSAYO Y APLICACIONES**

### **8.1 Requisitos y métodos de ensayo**

Los requisitos y los métodos de ensayo para oculares y protectores oculares completos están recogidos en varias normas europeas (véase el capítulo 2). La finalidad de este capítulo es asignar los requisitos y métodos de ensayo a los distintos tipos de protectores.

La tabla 8 especifica los requisitos y ensayos aplicables a los oculares.

La tabla 9 especifica los requisitos y ensayos aplicables a las monturas y a los protectores completos.

### **8.2 Métodos de ensayo para el examen de tipo**

El número de muestras necesario para el examen de tipo y el orden en que los ensayos deben llevarse a cabo se muestran en la tabla 10 (oculares montados y no montados) y en la tabla 11 (monturas y protectores de los ojos completos).

### **8.3 Aplicación de los tipos de protectores oculares**

La aplicación de los tipos de protectores oculares según los diversos campos de uso se muestra en la tabla 12.

**Tabla 8**  
**Asignación de los requisitos y ensayos para oculares montados y no montados**

Requisito	Tipo de ocular								Ensayo	
	de acuerdo con	EN	Apartado	Ocular sin efecto filtrante	Filtros de soldadura	Filtros ultravioleta	Filtros infrarrojos	Filtros solares de uso laboral		
									EN	Apartado
Campo de visión	166	7.1.1	+	+	+	+	+	+	168	18
Potencias refractivas	166	7.1.2.1	+	+	+	+	+	+	167	3.1 y 3.2
Transmitancia	166	7.1.2.2.1	+					+	167	6
	169	4		+					167	6
	170	4			+				167	6
	171	4				+			167	6
	172	4.1					+		167	6
379	4.3.2/4.4.2			+					167	6
Variación de la transmitancia	166	7.1.2.2.3		+	+	+	+		167	7
Difusión de la luz	166	7.1.2.3	+	+	+	+	+	+	167	4
Calidad del material y superficie	166	7.1.3	+	+	+	+	+	+	167	5
Solidez mínima <sup>a</sup>	166	7.1.4.1		+	+	+	+	+	167	4
Solidez incrementada <sup>a</sup>	166	7.1.4.2.1	+	X	X	X	X	X	168	3.1
Estabilidad a la temperatura	166	7.1.5.1	+	+	+	+	+		168	5
Estabilidad a la radiación UV	166	7.1.5.2	+	+	+	+	+		168	6
Inflamabilidad	166	7.1.7	+	+	+	+	+	+	168	7
Partículas a gran velocidad	166	7.2.2	X	X	X	X	X	X	168	9
Metales fundidos y sólidos candentes	166	7.2.3	X	X	X	X	X	X	168	10 y 11
Arco eléctrico de cortocircuito	166	7.2.7			+				Medición e inspección	
Deterioro superficial por partículas finas	166	7.3.1	X	X	X	X	X	X	168	15
Empañamiento	166	7.3.2	X	X	X	X	X	X	168	16
Partículas a gran velocidad a temperaturas extremas	166	7.3.4	X	X	X	X	X	X	168	9
Marcado	166	9.2	+	+	+	+	+	+	Inspección visual	
Reflectancia del ocular	166	7.3.3	X	X	X	X	X	X	167	8
Leyenda + Requisito especificado Casilla vacía Requisito no especificado X Requisito opcional										
<sup>a</sup> Si se cumple el requisito de solidez incrementada no es necesario verificar el requisito de solidez mínima.										

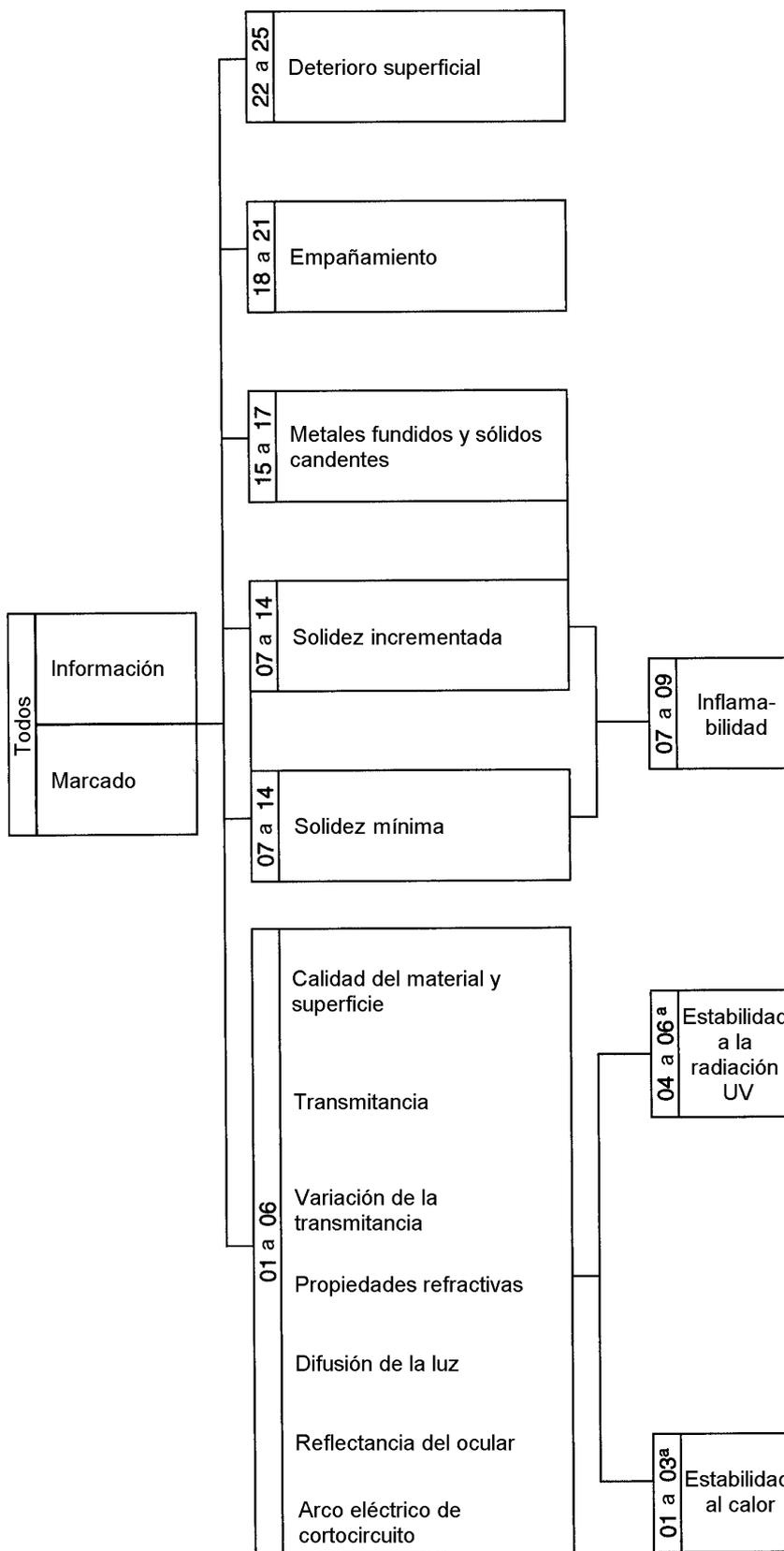
**Tabla 9**  
**Asignación de los requisitos y ensayos para monturas y protectores oculares completos**

Requisito	Campo de uso y símbolo								Ensayo	
	Ninguno	3	4	5	8	9	de acuerdo con			
	Uso general	Gotas y salpicaduras de líquidos	Partículas de polvo gruesas	Gas y partículas de polvo finas	Arco eléctrico de cortocircuito	Metales fundidos y sólidos candentes				
	EN	Apartado	EN	Apartado						
Construcción y materiales	166	6.1 y 6.2	+	+	+	+	+	+	Por inspección visual y certificados del fabricante	
Bandas de cabeza	166	6.3	+	+	+	+	+	+	Por medición	
Campo de visión	166	7.1.1	+	+	+	+	+	+	168	18
Transmitancia <sup>a</sup>	166	7.1.2.2.2	a	a	a	a	a	a	167	6
Solidez incrementada <sup>b</sup>	166	7.1.4.2.2	+	+	+	+	+	+	168	3.2
Estabilidad al calor	166	7.1.5.1	+	+	+	+	+	+	168	5
Corrosión	166	7.1.6	+	+	+	+	+	+	168	8
Inflamabilidad	166	7.1.7	+	+	+	+	+	+	168	7
Partículas a gran velocidad <sup>c</sup>	166	7.2.2	X	X	X	X	X	X	168	9
Metales fundidos y sólidos candentes <sup>c</sup>	166	7.2.3						+	168	10 y 11
Gotas y salpicaduras de líquidos <sup>c</sup>	166	7.2.4		+					168	12
Partículas de polvo gruesas <sup>c</sup>	166	7.2.5			+				168	13
Gas y partículas de polvo finas <sup>c</sup>	166	7.2.6				+			168	14
Arco eléctrico de cortocircuito	166	7.2.7					+		Inspección visual	
Protección lateral <sup>d</sup>	166	7.2.8	X	X	X	X	X	X	168	19
Partículas a gran velocidad a temperaturas extremas <sup>c</sup>	166	7.3.4	X	X	X	X	X	X	168	9
Marcado	166	9.3	+	+	+	+	+	+	Inspección visual	
<b>Leyenda</b> + Requisito especificado Casilla vacía Requisito no especificado X Requisito opcional <sup>a</sup> Sólo es necesario verificar la transmitancia si el protector ocular es una gafa de montura integral o una pantalla facial, y puede acoplarse con filtro(s) contra la radiación óptica. <sup>b</sup> Los protectores oculares completos con oculares que sólo cumplen el requisito de solidez mínima, sólo deben ensayarse contra impacto lateral. <sup>c</sup> Cuando se apliquen estos requisitos a monturas sin oculares, deben ensayarse con oculares apropiados acoplados. <sup>d</sup> La verificación de la protección lateral es obligatoria cuando se pide protección contra partículas a gran velocidad.										

**Tabla 10**  
**Programa de ensayos para el examen de tipo de oculares**

Requisito	de acuerdo con		Ensayo de acuerdo con		Número de muestras para ensayo		
	EN	Apartado	EN	Apartado			
Marcado	166	9.1/9.2/9.4	Inspección visual		Todos		
Información	166	10	Inspección visual		Todos		
Calidad del material y superficie	166	7.1.3	167	5	6		
Potencias refractivas	166	7.1.2.1	167	3	6		
Estabilidad térmica <sup>d</sup>	166	7.1.5.1	168	5	3		
Transmitancia	166	7.1.2.2.1	167	6	6		
	169	4					
	170	4					
	171	4					
	172	4.1					
Variación de transmitancia	166	7.1.2.2.3	167	7	6		
Difusión de luz	166	7.1.2.3	167	4	6		
Reflectancia del ocular	166	7.3.3	167	8	6		
Arco eléctrico de cortocircuito <sup>a</sup>	166	7.2.7	Por medición		6		
Estabilidad a la radiación UV <sup>d</sup>	166	7.1.5.2	168	6	3		
Solidez mínima <sup>b</sup>	166	7.1.4.1	168	4	8		
Solidez incrementada <sup>c</sup> <i>Punto de impacto /</i> Temperatura de ensayo °C	1	+ 55	166	7.1.4.2.1	168	3.1	2
		- 5					2
	2	+ 55					2
		- 5					2
Inflamabilidad	166	7.1.7	168	7	3		
Metales fundidos y sólidos candentes <sup>a, c</sup>	166	7.2.3	168	10 y 11	3		
Deterioro superficial por partículas finas <sup>c</sup>	166	7.3.1	168	15	4		
Empañamiento <sup>c</sup>	166	7.3.2	168	16	4		
<sup>a</sup> El que el ocular suelto lo cumpla no satisface al completo el requisito del apartado. <sup>b</sup> Si el ocular ha de someterse al ensayo de solidez incrementada no hace falta realizar el ensayo de solidez mínima. <sup>c</sup> Sólo se realiza un ensayo en cada ocular. <sup>d</sup> Si el ocular no cubre ambos ojos, cada ensayo se realizará sobre 2 muestras de una posición del ocular y 1 muestra de la otra por ejemplo, 1 ocular izquierdo y 2 derechos.							
NOTA 1 – El número de muestras corresponde a las dos posiciones oculares, por ejemplo, 6 = 3 izquierdos + 3 derechos. NOTA 2 – Se recomienda realizar los ensayos en el orden indicado en el diagrama de flujo 1. NOTA 3 – La evaluación del ensayo de tipo no admitirá fallos y no deben tenerse en cuenta las incertidumbres de medida. NOTA 4 – No es necesario repetir los ensayos efectuados junto con las monturas (véase tabla 11).							

Diagrama de flujo 1 – Ensayos de oculares



<sup>a</sup> Si el ocular no cubre ambos ojos, cada ensayo se realizará sobre 2 muestras de una posición del ocular y 1 muestra de la otra, por ejemplo, 1 ocular izquierdo y 2 derechos.

NOTA – El número de muestras corresponde a las dos posiciones oculares; por ejemplo, 6 = 3 izquierdos + 3 derechos.

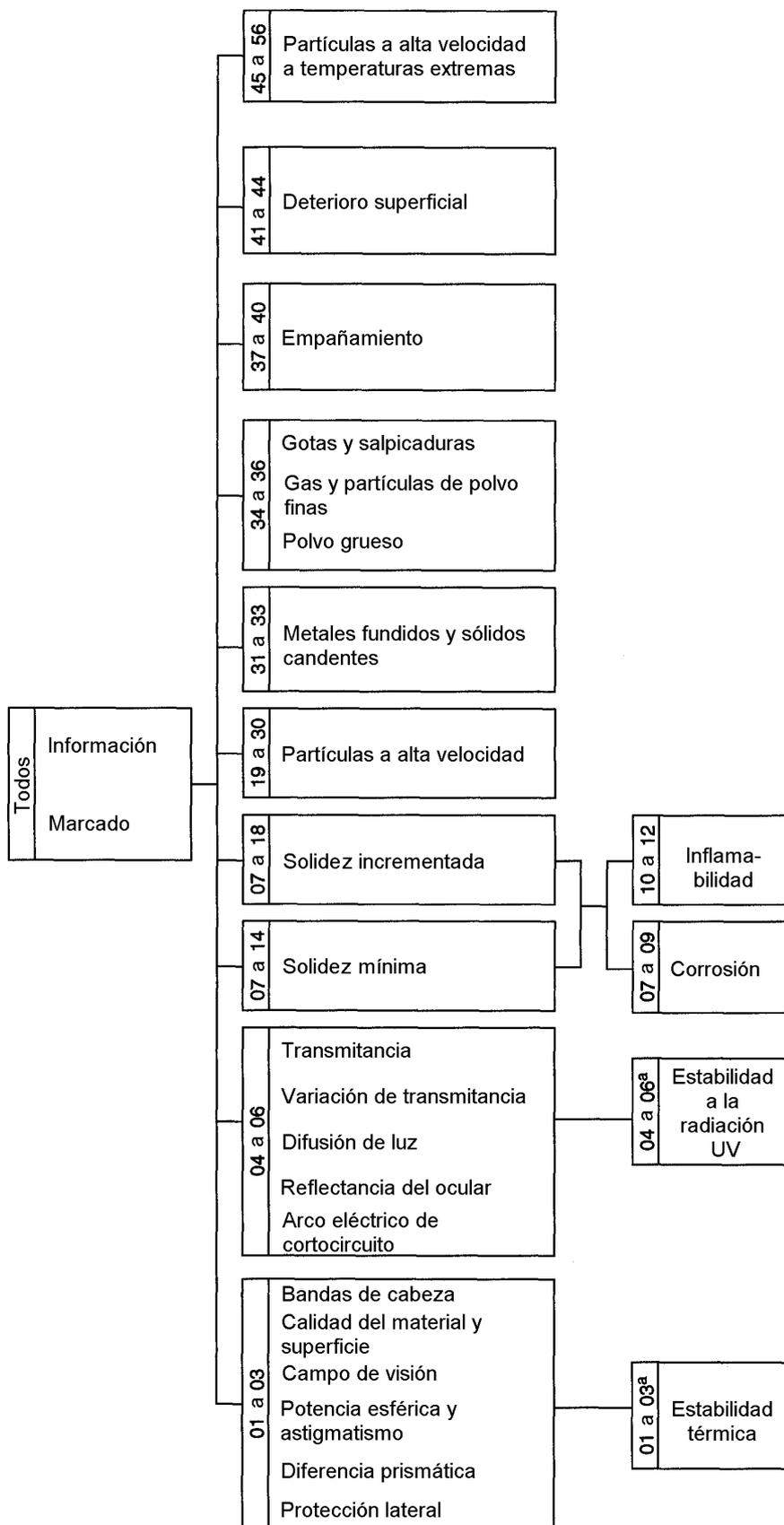
**Tabla 11**  
**Programa de ensayos para el examen de tipo para protectores oculares completos**

Requisito	de acuerdo con		Ensayo de acuerdo con		Número de muestras para ensayo			
	EN	Apartado	EN	Apartado				
Marcado	166	9.1/9.3/9.4	Inspección visual		Todas			
Información	166	10	Inspección visual		Todas			
Fabricación y materiales	166	6.1/6.2	Inspección visual Inspección visual/Certificados de fabricantes		Todas			
Bandas de cabeza	166	6.3	Por medición		3			
Calidad del material y superficie <sup>b</sup>	166	7.1.3	167	5	3			
Campo de visión	166	7.1.1	168	18	3			
Propiedades refractivas	166	7.1.2.1	167	3	3			
Estabilidad al calor <sup>c</sup>	166	7.1.5.1	168	5	3			
Transmitancia de los oculares <sup>b</sup>	166	7.1.2.2.1	167	6	3			
	169	4						
	170	4						
	171	4						
	172	4.1						
Transmitancia de las monturas	166	7.1.2.2.2.	167	6	3			
Variación de transmitancia <sup>b</sup>	166	7.1.2.2.3	167	7	3			
Difusión de luz <sup>b</sup>	166	7.1.2.3	167	4	3			
Reflectancia del ocular <sup>b</sup>	166	7.3.3	167	8	3			
Arco eléctrico de cortocircuito	166	7.2.7	Inspección visual y por medición		3			
Protección lateral	166	7.2.8	168	19	3			
Estabilidad a la radiación UV <sup>c</sup>	166	7.1.5.2	168	6	3			
Solidez mínima <sup>b</sup>	166	7.1.4.1	168	4	8			
Solidez incrementada <sup>a</sup> <i>Punto de impacto /</i> Temperatura de ensayo °C	1		166	7.1.4.2.2	168	3.2	+ 55	2
							- 5	2
	2						+ 55	2
							- 5	2
	3						+ 55	1
							- 5	1
	4						+ 55	1
							- 5	1

<sup>a</sup> Las monturas acopladas con oculares que sólo cumplan el requisito de solidez mínima sólo deben ensayarse contra el impacto lateral.  
<sup>b</sup> Si los oculares han sido sometidos al ensayo de este requisito (véase tabla 10), estos ensayos sobre los oculares no es necesario repetirlos.  
<sup>c</sup> Debe asegurarse, que cada ensayo se realizará sobre 2 muestras de una posición del ocular y 1 muestra de la otra (por ejemplo, 1 ocular izquierdo y 2 derechos).

NOTA 1 – Se recomienda realizar los ensayos en el orden indicado en el diagrama de flujo 2.  
 NOTA 2 – La evaluación del ensayo de tipo no admitirá fallos y no deben tenerse en cuenta las incertidumbres de medida.

Diagrama de flujo 2 – Ensayos de protectores completos



<sup>a</sup> Debe asegurarse que cada ensayo se realizará sobre 2 muestras de una posición del ocular y 1 muestra de la otra (por ejemplo, 1 ocular izquierdo y 2 derechos).

NOTA – Si las propiedades que deben determinarse en las muestras 4 a 6 y 37 a 44 ya fueron medidas en los oculares, no es necesario repetir las medidas.

**Tabla 12**  
**Aplicación de los tipos de protectores de los ojos según los distintos campos de uso**

		Tipo de protector ocular				Ensayo	
		Símbolo	De acuerdo con la Norma EN 166 apartado	Gafas con montura universal	Gafas con montura integral		Pantallas faciales
Uso general		Sin símbolo	a	+	+	+	a
Solidez incrementada		S	7.1.4.2	+	+	+	Apartado 3.1/3.2 bola de 22 mm a 5,1 m/s
Radiación óptica		b	7.2.1	+	+	+	c
Partículas a alta velocidad <sup>d</sup>	Impacto de baja energía	F	7.2.2	+	+	+	Capítulo 9 bola de 6 mm a 45 m/s
	Impacto de energía media	B	7.2.2	0	+	+	Capítulo 9 bola de 6 mm a 120 m/s
	Impacto de alta energía	A	7.2.2	0	0	+	Capítulo 9 bola de 6 mm a 190 m/s
Gotas de líquido		3	7.2.4	0	+	0	12.1
Salpicaduras de líquidos		3	7.2.4	0	0	+	12.2
Partículas de polvo gruesas		4	7.2.5	0	+	0	13
Gas y partículas de polvo finas		5	7.2.6	0	+	0	14
Arco eléctrico de cortocircuito		8	7.2.7	0	0	+	e
Metales fundidos y sólidos candentes		9 <sup>f</sup>	7.2.3	0	+	+	10 y 11
Partículas a alta velocidad a temperaturas extremas <sup>g</sup>		T	7.3.4	g	g	g	capítulo 9
<p>Leyenda</p> <p>+ Uso permitido</p> <p>0 Uso prohibido</p> <p><sup>a</sup> Para uso general, y otros campos de uso, deben satisfacerse los requisitos indicados en el apartado 6.1.</p> <p><sup>b</sup> El símbolo para la radiación óptica consiste en la clase de protección definida en el capítulo 5 para los diferentes tipos de filtro (soldadura, ultravioleta, infrarrojo o solar) y se marca sobre el ocular. Si el único campo de uso que requiere protección es la radiación óptica, la montura sólo necesita cumplir los requisitos para uso general. Las monturas de las gafas integrales y pantallas faciales, si es el caso, deben marcarse con la clase de protección más alta del filtro compatible.</p> <p><sup>c</sup> Véanse las Normas EN 169, EN 170, EN 171, EN 172 o EN 379 según el tipo de filtro.</p> <p><sup>d</sup> Si los símbolos F, B y A no son el mismo para el ocular y la montura, el que se asigne al protector completo debe ser el menor nivel de los dos.</p> <p><sup>e</sup> Para que una pantalla facial cumpla el campo de uso de símbolo 8, irá montada con un filtro de clase de protección 2-1,2 ó 3-1,2 de, al menos, 1,4 mm de espesor.</p> <p><sup>f</sup> Para que un protector ocular cumpla con el campo de uso de símbolo 9 tanto la montura como el ocular irán marcados con este símbolo junto con uno de los símbolos F, B o A.</p> <p><sup>g</sup> El símbolo T se emplea junto con los símbolos F, B o A para indicar que el protector ocular cumple el requisito de partículas a gran velocidad a temperaturas extremas.</p>							

## 9 MARCADO

### 9.1 Generalidades

Todas las marcas deben ser claras y permanentes.

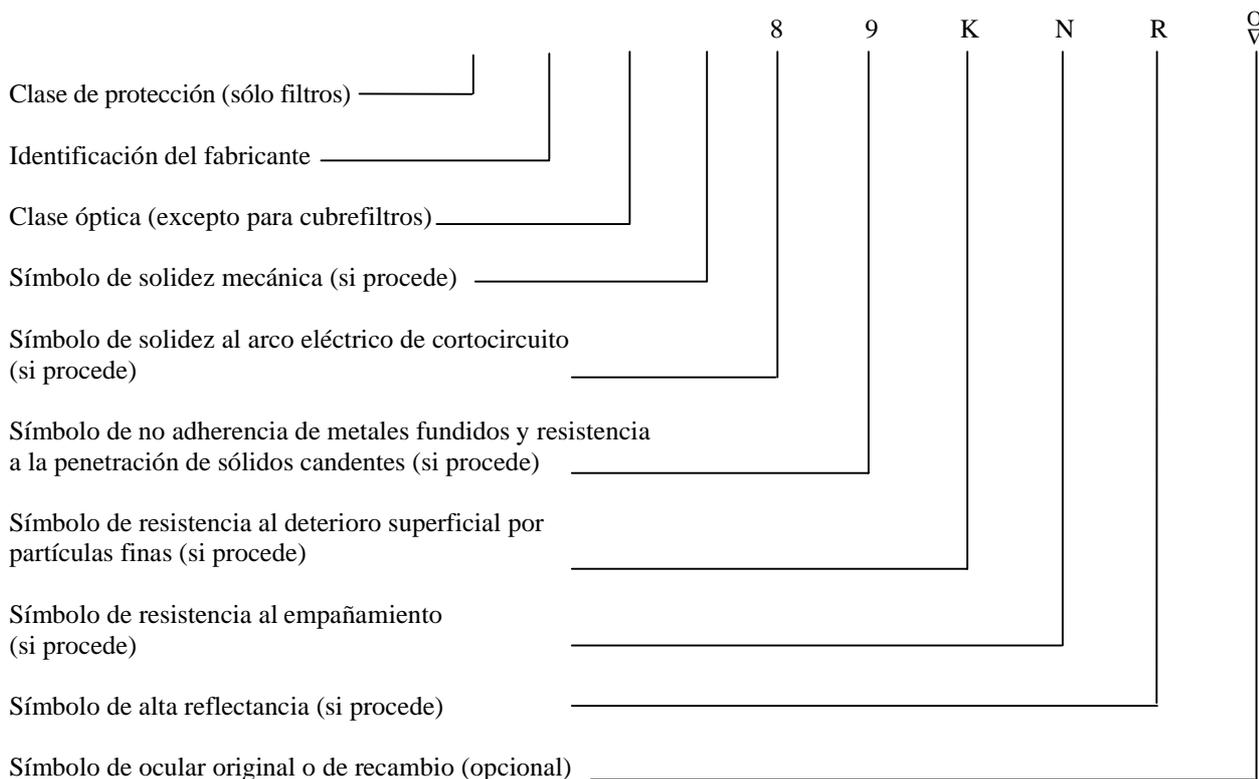
El marcado debe ser visible cuando el protector ocular completo esté armado y no debe invadir el campo mínimo de visión definido en el apartado 7.1.1. Cuando el protector se lleve puesto, el marcado por fuera de esta zona, no debe entorpecer la visión.

El número de esta norma europea debe marcarse sobre las monturas y los portaoculares, pero no es necesario que se marque sobre los oculares.

La montura y el ocular deben marcarse por separado. Si el ocular y la montura forman una unidad indisociable, el marcado completo debe realizarse sobre la montura (véase 9.4).

### 9.2 Marcado de los oculares

El marcado de los oculares debe contener los datos técnicos más relevantes presentados de la forma siguiente:



Además, el marcado de los oculares puede incluir una indicación para facilitar el montaje correcto de los oculares laminados (véase 9.2.11).

**9.2.1 Clase de protección.** Véase el capítulo 4, tabla 1.

**9.2.2 Identificación del fabricante.** La marca de identificación del fabricante debe incluirse en el marcado en el lugar indicado y puede estar constituida por uno o más elementos.

**9.2.3 Clase óptica.** Salvo en el caso de los cubrefiltros, que deben ser siempre de clase 1, debe incluirse en el marcado, en el lugar indicado, una de las tres clases ópticas definidas en el apartado 7.1.2.

**9.2.4 Resistencia mecánica.** Los oculares que resistan alguno de los diferentes ensayos de resistencia mecánica deben incluir en el marcado uno de los símbolos que se indican en la tabla 13.

**Tabla 13**  
**Símbolos de identificación de la resistencia mecánica**

<b>Símbolo</b>	<b>Requisito relativo a la resistencia mecánica</b>
sin símbolo	Solidez mínima (véase el apartado 7.1.4.1)
S	Solidez incrementada (véase el apartado 7.1.4.2)
F	Impacto a baja energía (véase el apartado 7.2.2)
B	Impacto a media energía (véase el apartado 7.2.2)
A	Impacto a alta energía (véase el apartado 7.2.2)

**9.2.5 Resistencia al arco de cortocircuito eléctrico.** Los oculares que satisfacen los requisitos especificados en el apartado 7.2.7 deben marcarse con el número 8.

**9.2.6 No adherencia del metal fundido y resistencia a la penetración de sólidos candentes.** Los oculares que satisfacen los requisitos especificados en el apartado 7.2.3 deben marcarse con el número 9.

**9.2.7 Resistencia al deterioro superficial por partículas finas.** Los oculares que satisfacen los requisitos especificados en el apartado 7.3.1 deben marcarse con el símbolo K.

**9.2.8 Resistencia al empañamiento de oculares.** Los oculares que satisfacen los requisitos especificados en el apartado 7.3.2 deben marcarse con el símbolo N.

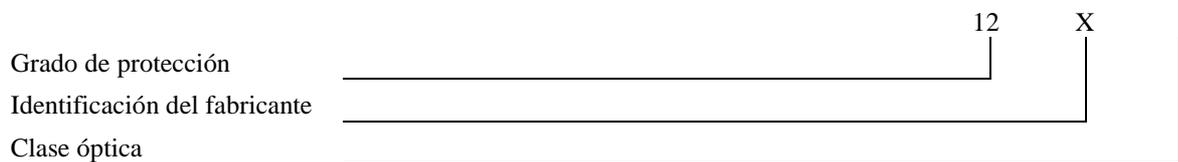
**9.2.9 Oculares originales/de recambio.** Para distinguir si un ocular es original o de recambio, el fabricante puede emplear los símbolos "O" (original) o "V" (de recambio)

**9.2.10 Resistencia a las partículas a gran velocidad y temperaturas extremas.** Los oculares que superen los requisitos del apartado 7.3.4 deben marcarse con uno de los símbolos de impacto seguido de la letra "T", es decir FT, BT o AT.

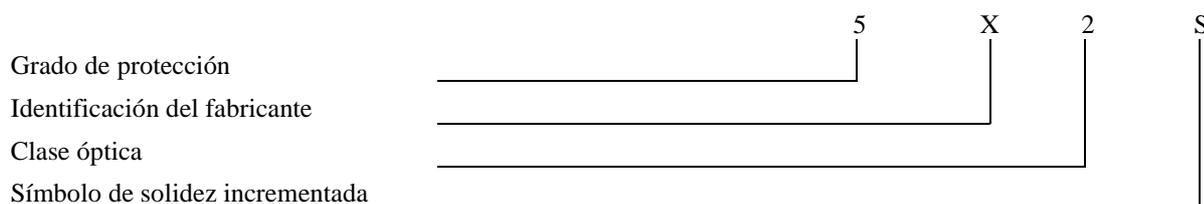
**9.2.11 Marcado de los oculares laminados.** Ciertos tipos de oculares planos laminados pueden requerir una orientación especial en la montura con el fin de colocar hacia el exterior las capas susceptibles de romper de forma peligrosa. Estos oculares deben identificarse con una señal en la parte nasal de la cara anterior para evitar un montaje incorrecto en la montura.

**9.2.12 Ejemplos de marcado de oculares**

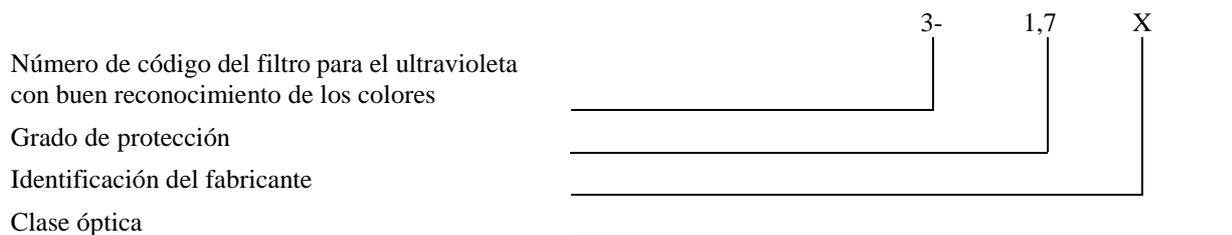
a) Filtros de soldadura



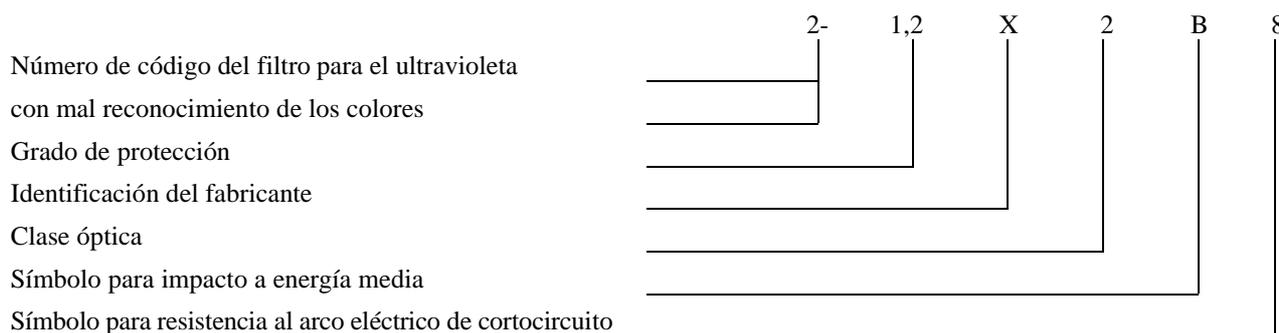
b) Filtros de soldadura con resistencia mecánica



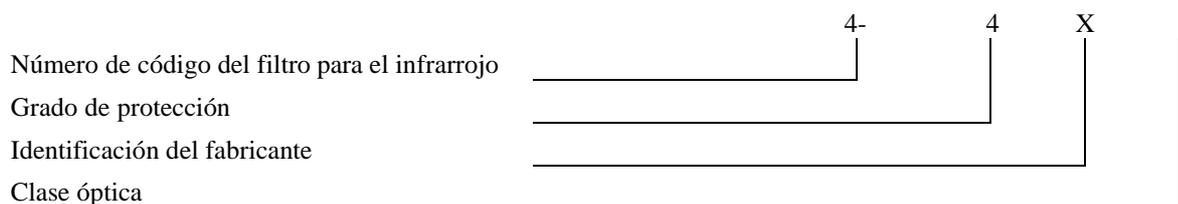
c) Filtros para el ultravioleta



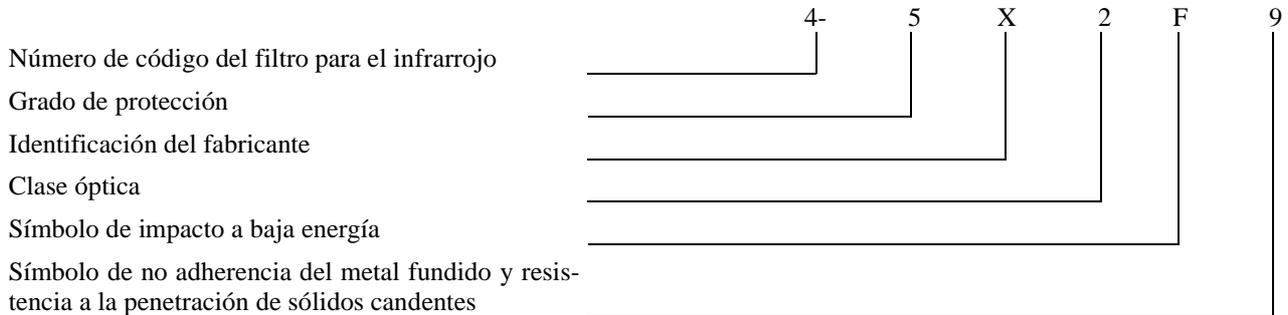
d) Filtros para el ultravioleta con resistencia mecánica y resistentes al arco eléctrico de cortocircuito



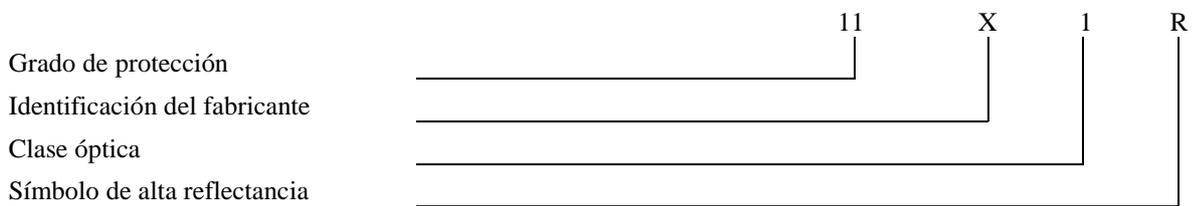
e) Filtros para el infrarrojo



f) Filtros para el infrarrojo con resistencia mecánica, no adherencia del metal fundido y resistencia a la penetración de sólidos candentes



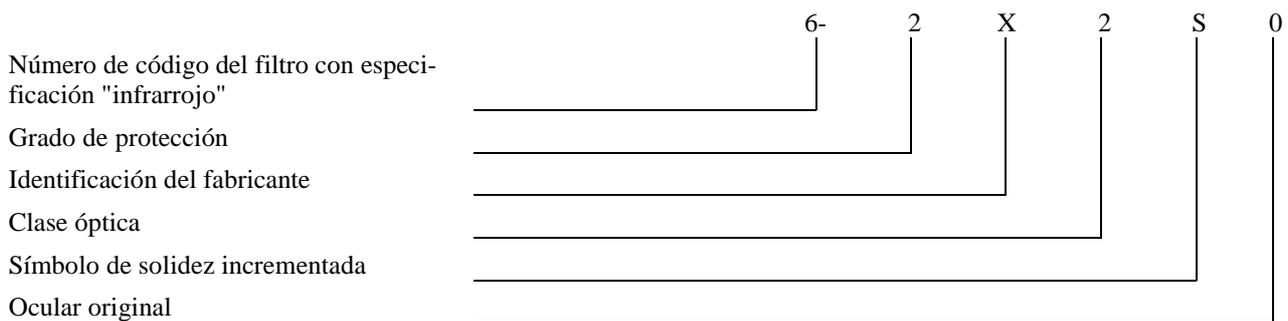
g) Filtros de soldadura con alta reflectancia



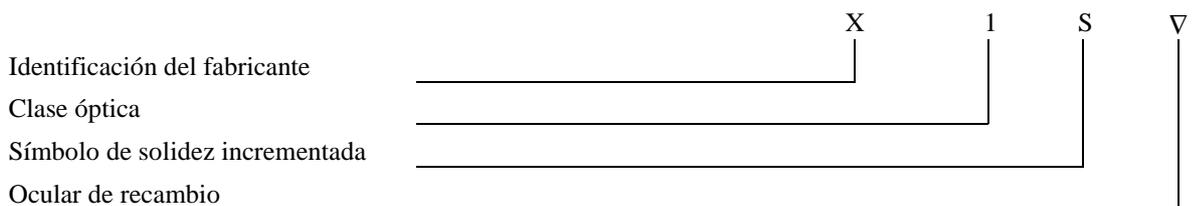
Para el marcado de los filtros solares fotocromáticos, los grados de protección correspondientes a los estados claro y oscuro deben separarse mediante el símbolo <, por ejemplo 5 – 1,4<2,5 X 1.

Para el marcado de los filtros solares graduados, los grados de protección correspondientes a las zonas clara y oscura deben separarse mediante el símbolo /, por ejemplo 5 – 1,1/1,7 X 2.

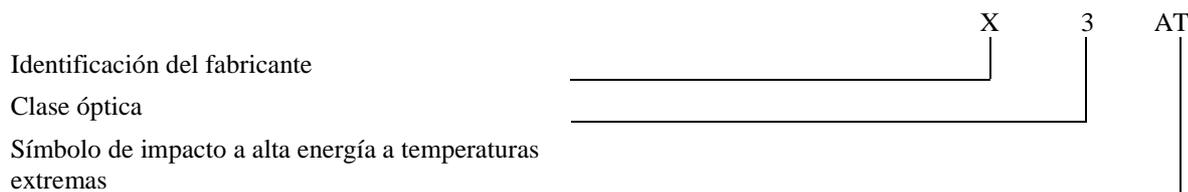
h) Filtros solares con resistencia mecánica, ocular original



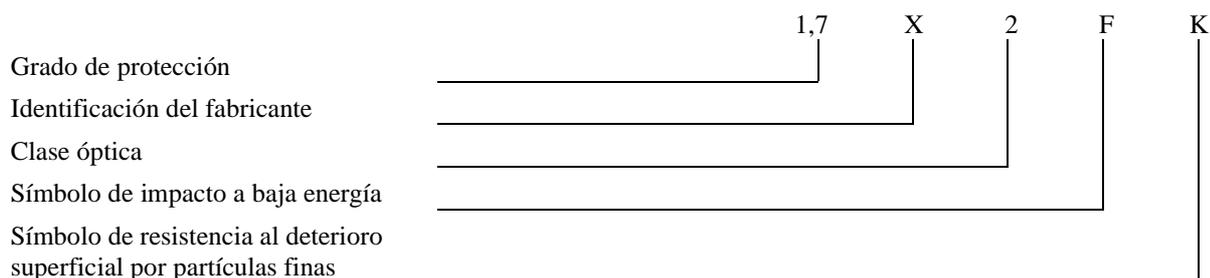
i) Ocular de protección sin acción filtrante, ocular de recambio



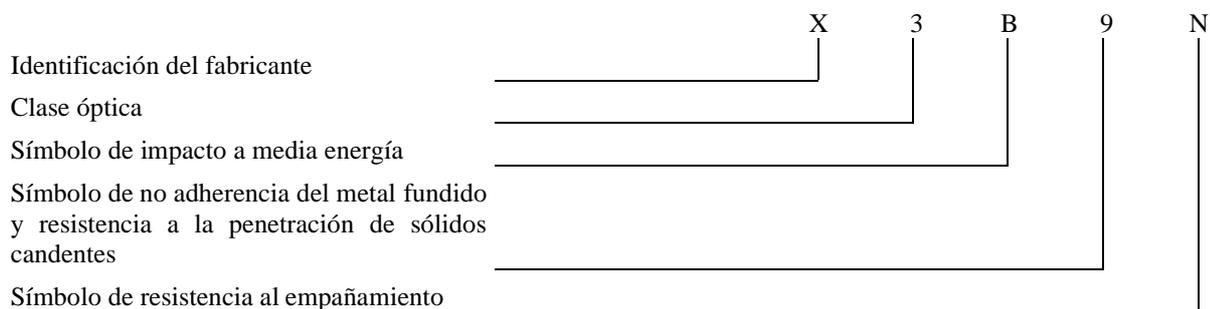
j) Ocular de protección sin acción filtrante y el nivel más alto de resistencia mecánica a temperaturas extremas



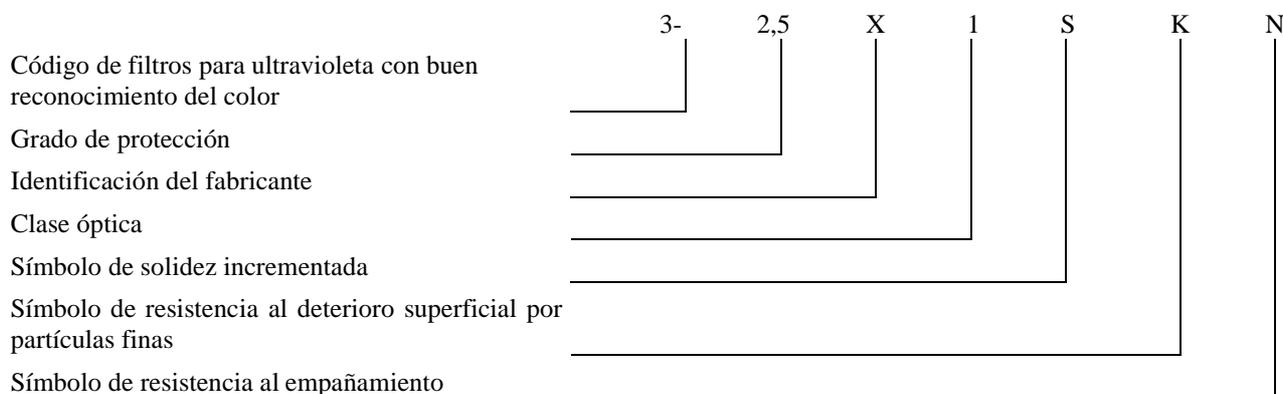
k) Filtro de soldadura con resistencia mecánica y resistencia al deterioro superficial por partículas finas



l) Ocular de protección con resistencia mecánica, no adherencia del metal fundido, resistencia a la penetración de sólidos candentes y resistencia al empañamiento



m) Filtros para el ultravioleta con resistencia mecánica, resistencia al deterioro superficial por partículas finas y al empañamiento



n) Cubrefiltros

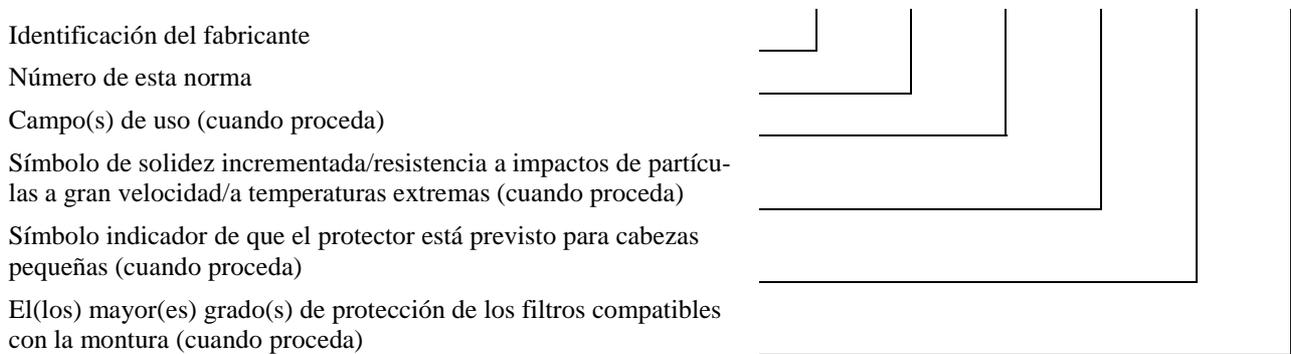
Identificación del fabricante \_\_\_\_\_ X

o) Cubrefiltros resistentes al deterioro superficial por partículas finas

Identificación del fabricante \_\_\_\_\_ X  
 Símbolo de resistencia al deterioro superficial por partículas finas \_\_\_\_\_ K

**9.3 Marcado de la montura**

El marcado de la montura debe incluir los datos técnicos relevantes, presentados de la forma siguiente:



**9.3.1 Identificación del fabricante.** La marca de identificación del fabricante debe incluirse en el marcado en el lugar indicado y puede estar compuesta por uno o más elementos.

**9.3.2 Número de esta norma europea.** El número de esta norma debe incluirse en el marcado en el lugar que se indica y debe comprender, al menos, los dígitos 166.

**9.3.3 Campo de uso.** Las monturas de los protectores deben llevar una marca que indique su campo de uso. El símbolo de marcado debe estar constituido por una sola cifra conforme con la tabla 14. Si el protector tiene más de un campo de uso, sobre la montura deben marcarse las cifras apropiadas una tras otra en orden de valor crecientes.

**Tabla 14**  
**Símbolos de los campos de uso**

Símbolo	Designación	Descripción del campo de uso
Sin símbolo	Uso básico	Riesgos mecánicos inespecíficos y riesgos debidos a la radiación ultravioleta, infrarroja, solar y visible
3	Líquidos	Líquidos (gotas o salpicaduras)
4	Partículas de polvo gruesas	Polvo con grosor de partícula > 5 µm
5	Gas y partículas de polvo finas	Gas, vapores, sprays, humo y polvo con grosor de partícula < 5 µm
8	Arco eléctrico de cortocircuito	Arco eléctrico causado por un cortocircuito en un equipo eléctrico
9	Metal fundido y sólidos candentes	Salpicaduras de metal fundido y penetración de sólidos candentes

**9.3.4 Solidez incrementada y resistencia al impacto de partículas a gran velocidad.** Las monturas que satisfagan los requisitos definidos en los apartados 7.1.4.2 y 7.2.2 deben marcarse con el símbolo apropiado indicado en la tabla 15.

**Tabla 15**  
**Símbolos de solidez incrementada y partículas a gran velocidad**

Símbolo	Descripción de la intensidad del impacto
S	Solidez incrementada
F	Impacto a baja energía
B	Impacto a media energía
A	Impacto a alta energía
NOTA : Los símbolos S y F pueden aplicarse a todos los tipos de protectores. El símbolo B sólo puede aplicarse a las gafas de montura integral y a las pantallas faciales. El símbolo A sólo puede aplicarse a las pantallas faciales.	

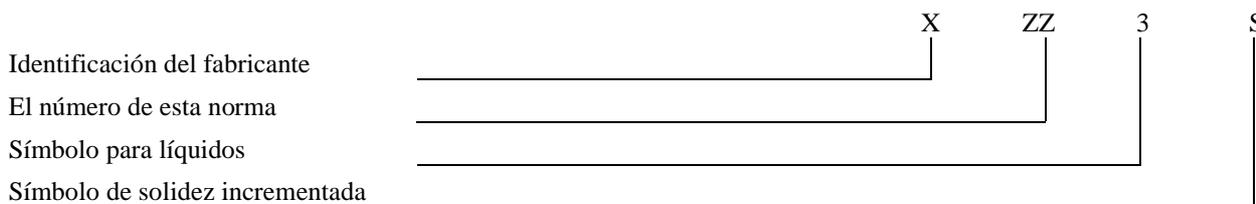
**9.3.5 Resistencia a partículas a gran velocidad y temperaturas extremas.** La monturas que satisfagan los requisitos del apartado 7.3.4 deben marcarse con uno de los símbolos de impacto seguido por la letra T, es decir FT, BT o AT.

**9.3.6 Monturas para cabezas pequeñas.** Si la montura está prevista para una cabeza pequeña debe marcarse con la letra H.

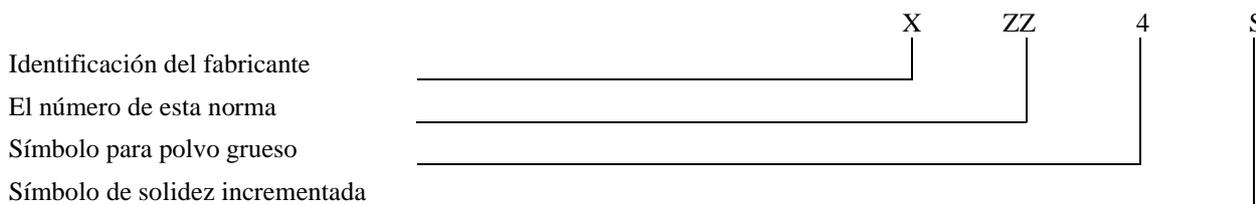
**9.3.7 Grado de protección más alto del ocular.** Las monturas de las gafas y pantallas faciales previstas para protección contra la radiación óptica deben marcarse con el grado de protección más alto del filtro que puedan incorporar.

**9.3.8 Ejemplo de marcado de la montura**

a) monturas utilizadas para la protección contra líquidos (gotas o salpicaduras)

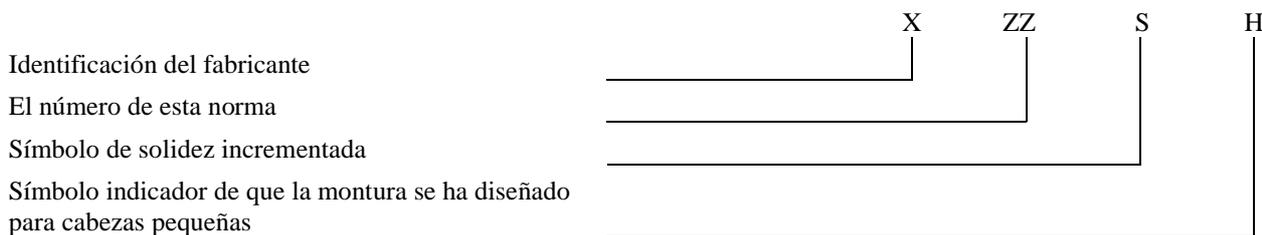


b) Monturas utilizadas para la protección contra partículas de polvo gruesas



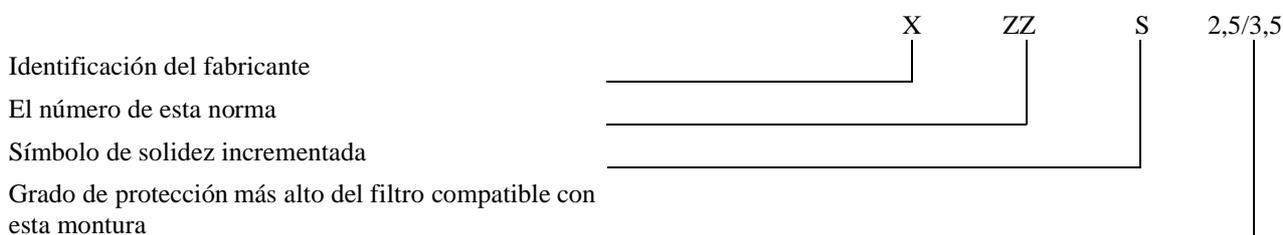
En vez de los símbolos 3 y 4 en los ejemplos anteriores, pueden utilizarse los símbolos 5, 8 y 9 para identificar las monturas destinadas a la protección contra el gas y las partículas de polvo finas (5), los arcos eléctricos de cortocircuito (8), y los metales fundidos y sólidos candentes (9).

c) monturas utilizadas para la protección contra la radiación solar y previstas para cabezas pequeñas



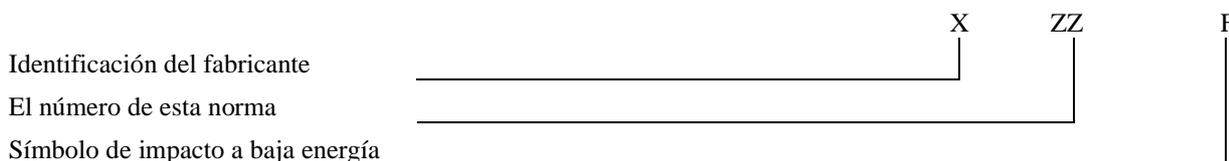
El ejemplo de marcado anterior podría aplicarse también a monturas de uso general y a monturas para la protección contra la radiación ultravioleta y/o infrarroja.

d) monturas utilizadas para la protección contra la radiación UV



Este marcado podría aplicarse a una montura de gafa integral o pantalla facial que incorporase filtro(s) UV (con o sin buen reconocimiento del color) hasta un grado de protección 2,5 ó 3,5.

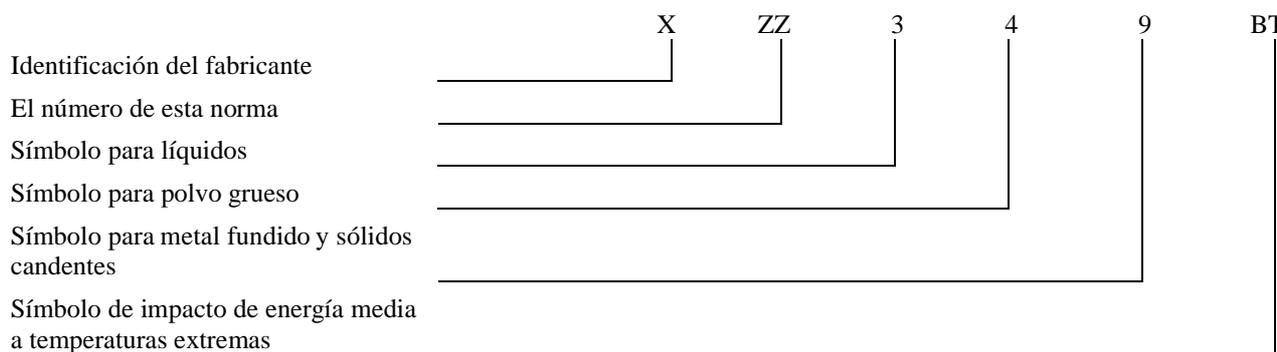
e) monturas utilizadas para la protección contra impactos de partículas a alta velocidad (impacto a baja energía)



En vez del símbolo F, en el ejemplo anterior, puede utilizarse el símbolo B en el marcado de una montura destinada a la protección contra el impacto de partículas a gran velocidad - energía media, y el símbolo A para el marcado de una montura destinada a la protección contra el impacto de partículas a gran velocidad y alta energía. Además, si la montura fuese para utilizar contra partículas a alta velocidad y temperaturas extremas, los símbolos de impacto irían seguidos por la letra T; es decir FT, BT o AT.

f) monturas para más de un campo de uso

Las monturas de los protectores pueden llevar un marcado que indique más de un campo de uso y además la indicación de que protegen contra el impacto de partículas a gran velocidad. El ejemplo siguiente se refiere a una montura para la protección frente a líquidos, partículas de polvo gruesas, metales fundidos y sólidos candentes e impacto de partículas a gran velocidad de media energía a temperaturas extremas.



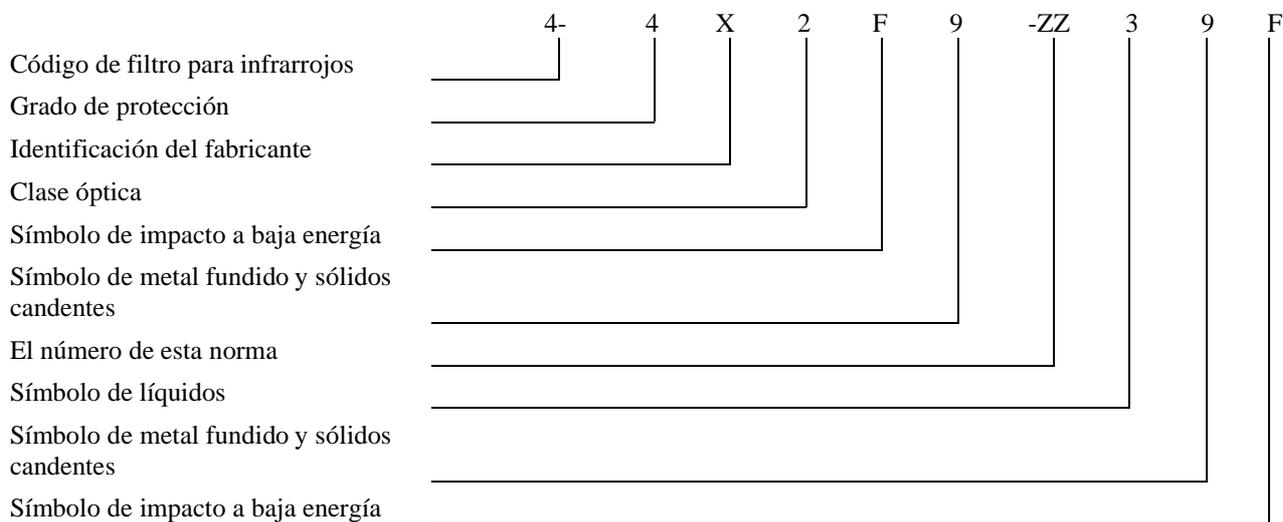
**9.4 Marcado de protectores de los ojos en los que la montura y los oculares forman una unidad indisociable**

Los protectores de los ojos en los que la montura y los oculares forman una unidad indisociable deben marcarse en la montura.

Ese marcado debe comprender el marcado completo del ocular, un guión, el número de esta norma y los símbolos apropiados indicando el campo de uso y el nivel de impacto.

El ejemplo siguiente ilustra el principio antes indicado.

Protector de los ojos formando una unidad indisociable con filtro para infrarrojos resistente al impacto a baja energía, resistente a la adherencia de metal fundido y penetración de sólidos candentes, con montura ofreciendo protección frente a líquidos, metales fundidos y sólidos candentes y resistente al impacto de baja energía.



## 10 INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL FABRICANTE

Junto con cada protector de los ojos, ocular de recambio y montura de repuesto, el fabricante debe suministrar, al menos, la siguiente información:

- a) nombre y dirección del fabricante;
- b) el número de esta norma;
- c) identificación del modelo de protector;
- d) instrucciones para el almacenamiento, uso y mantenimiento;
- e) instrucciones específicas relativas a la limpieza y desinfección;
- f) detalles relativos a los campos de uso, nivel de protección y prestaciones;
- g) detalles relativos a los accesorios y piezas de recambio apropiados. Las instrucciones para su montaje se incluirán con el protector ocular original y/o con los accesorios y piezas sueltas;
- h) fecha límite de uso o duración hasta la puesta fuera de servicio, si procede, aplicable al protector completo y/o a las piezas sueltas;
- i) tipo de embalaje adecuado para el transporte, si procede;
- j) significado del marcado sobre la montura y el ocular;
- k) advertencia indicando que los oculares pertenecientes a la clase óptica 3 no deben utilizarse durante largos periodos de tiempo, si procede;
- l) advertencia relativa a la compatibilidad de los marcados (véanse las notas (4), (5) y (6) en la tabla 12);
- m) advertencia indicando que los materiales que entren en contacto con la piel del usuario pueden provocar alergias en individuos sensibles;
- n) advertencia indicando que conviene reemplazar los oculares rayados o estropeados;
- o) advertencia de que los protectores contra partículas a gran velocidad, utilizados sobre gafas correctoras normales, pueden transmitir los impactos creando un posible riesgo para el usuario;
- p) una nota indicando que si se necesita protección contra partículas a gran velocidad a temperaturas extremas, el protector seleccionado debería marcarse con la letra T inmediatamente después del símbolo de impacto, es decir FT, BT o AT. Si el símbolo de impacto no va seguido de la letra T, entonces el protector sólo debe utilizarse contra impactos de partículas a gran velocidad a temperatura ambiente.

ANEXO ZA (Informativo)

**CAPÍTULOS DE ESTA NORMA EUROPEA RELACIONADOS CON LOS REQUISITOS  
ESENCIALES U OTRAS DISPOSICIONES DE LAS DIRECTIVAS DE LA UE**

Esta norma europea ha sido elaborada bajo un Mandato dirigido a CEN por la Comisión Europea y por la Asociación Europea de Libre Cambio, y sirve de apoyo a los requisitos esenciales de la Directiva europea 89/686/CEE.

**ADVERTENCIA: Los productos incluidos en el campo de aplicación de esta norma pueden estar afectados por otros requisitos o Directivas de la UE.**

Los siguientes capítulos de esta norma sirven de apoyo a los requisitos de la Directiva 89/686/CEE, anexo II.

**Tabla ZA.1  
Relación entre esta norma y la Directiva 89/686/CEE**

Directiva UE 89/686/CEE, anexo II		Apartados de esta norma
1.1	Principios de concepción	6.1, 6.2, 6.3
1.1.1	Ergonomía	6.3, 7.1.1
1.1.2	Grados y clases de protección	7.1, 7.2, 7.3
1.1.2.1	Grados de protección tan elevados como sea posible	7.1, 7.2, 7.3
1.1.2.2	Clases de protección adecuadas a distintos niveles de riesgo	7.1, 7.2, 7.3
1.2.1.1	Materiales constitutivos adecuados	6.2
1.2.1.2	Superficie adecuada en todas las partes del EPI que estén en contacto con el usuario	6.1
1.2.1.3	Trabas máximas admisibles para el usuario	6.3, 7.1.1
1.3	Factores de comodidad y eficacia	6.3, 7.1.1
1.3.1	Adaptabilidad de los EPI a la morfología del usuario	6.3, 7.1.1
1.3.2	Ligereza y solidez de fabricación	7.1.4, 7.2.2
1.4	Folleto informativo del fabricante	10
2.1	EPI con sistemas de ajuste	6.3
2.3	EPI del rostro, de los ojos, de las vías respiratorias	Todos
2.4	EPI expuestos al envejecimiento	7.1.5
2.9	EPI con componentes que el usuario pueda ajustar o quitar y poner	6.3, 9.2.8
2.12	EPI que lleven una o varias marcas de identificación o de señalización referidas directa o indirectamente a salud y seguridad	9
2.14	EPI "multirriesgos"	Todos
3.1	Protección contra golpes mecánicos	7.1.4, 7.2.2
3.1.1	Golpes resultantes de caídas o proyecciones de objetos e impactos de una parte del cuerpo contra un obstáculo	7.1.4, 7.2.2
3.9	Protección contra las radiaciones	7.2.1

La conformidad con los capítulos de esta norma es un medio para satisfacer los requisitos esenciales específicos de la correspondiente Directiva y los Reglamentos de la AELC asociados.



**ANEXO NACIONAL**

Las normas que se relacionan a continuación, citadas en esta norma europea, han sido incorporadas al cuerpo normativo UNE con los siguientes códigos:

<b>Norma Internacional</b>	<b>Norma UNE</b>
EN 165:1995	UNE-EN 165:1996
EN 167:2001	UNE-EN 167:2002
EN 168:2001	UNE-EN 168:2002
EN 169:1992	UNE-EN 169:1993
EN 170:1992	UNE-EN 170:1993
EN 171:1992	UNE-EN 171:1993
EN 172:1994	UNE-EN 172:1995
EN 175:1997	UNE-EN 175:1997
EN 379:1994	UNE-EN 379:1994
EN ISO 8980-1:1997	UNE-EN ISO 8980-1:1998
EN ISO 8980-2:1997	UNE-EN ISO 8980-2:1998
EN ISO 8990-3:1999	UNE-EN ISO 8990-3:2000

---

---

# AENOR

Asociación Española de  
Normalización y Certificación

Dirección C Génova, 6  
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00

Fax 91 310 40 32