



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

Análisis, control y ejecución de una acción de un fusil para tiro de precisión para la empresa Atlas Armeros.

MEMORIA PRESENTADA POR:

Mauro Blanes Mataix

GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA

Indice

1. Objeto del proyecto
2. Justificación
3. Introducción
 - 3.1. Sistema de cerrojo de un rifle Mauser
 - 3.2. Tipos de fusiles e historia rifle Mauser
 - 3.2.1. Fusil de chispa
 - 3.2.2. Fusil percutor
 - 3.2.3. Fusil de cerrojo fijo
 - 3.2.4. Fusil semiautomático o de cerrojo móvil
 - 3.2.5. Fusil de cerrojo fijo Mauser
 - 3.2.5.1. Ficha técnica
 - 3.3. Tratamientos térmicos
 - 3.3.1. Tratamiento térmico de temple y revenido.
 - 3.3.1.1. Tratamiento térmico de temple
 - 3.3.1.2. Revenido
 - 3.3.2. Curvas TTT
 - 3.3.3. Curva de revenido
 - 3.3.4. Tratamientos térmicos superficiales.
 - 3.3.5. Tratamiento térmico de cementación
 - 3.3.5.1. Equipo
 - 3.3.5.2. Procedimiento
 - 3.3.5.3. Temperaturas y tiempos
 - 3.3.5.4. Problemas
 - 3.3.5.4.1. Análisis de la descarburación de forma química
 - 3.3.5.5. Aceros para cementación m
 - 3.3.6. Normalizado
 - 3.3.7. Nitruración
 - 3.4. Normativa técnica
4. Antecedentes
5. Materiales
 - 5.1. Material
 - 5.2. Proceso de tratamiento del material
 - 5.2.1. Mecanizado
 - 5.2.1.1. Probetas de resiliencia
 - 5.2.1.2. Probetas de tracción
 - 5.2.2. Tratamiento térmico
 - 5.2.2.1. Introducción de las probetas en la caja de cementación
 - 5.2.2.2. Temple superficial
 - 5.2.2.3. Revenido
 - 5.3. Muestras y preparación
 - 5.3.1. Probetas de resiliencia
 - 5.3.2. Probetas de tracción
 - 5.4. Normativa (ensayos de tracción, resiliencia, templabilidad y fatiga)
 - 5.5. Caracterización
 - 5.5.1. Metalografía
 - 5.5.2. Probetas de resiliencia
 - 5.5.3. Probetas de tracción

- 5.6. Ensayo de durezas
- 5.7. Ensayo de tracción
 - 5.7.1. Resultados
 - 5.7.1.1. Tabla de los resultados
- 5.8. Ensayo de resiliencia
 - 5.8.1. Resultados
 - 5.8.1.1. Tabla de los resultados
- 5.9. Ensayo a fatiga
 - 5.9.1. Probeta ensayo a fatiga
- 6. Diseño y cálculo de la acción
 - 6.1. Hipótesis de carga
 - 6.1.1. Carga crítica a pandeo
 - 6.2. Acción- Reacción del disparo
 - 6.3. Simulación Ansys
 - 6.3.1 Carga estática
 - 6.3.2 Carga dinámica
 - 6.4. Calculo de comprobación. Seguridad de la acción.
- 7. Procesado
- 8. Análisis de costos
- 9. Bibliografía
- 10. Conclusiones
- 11. Anexos
 - 11.1 Planos

1 - Objeto del proyecto

- 1- Caracterización del acero F-1140 después de haber sido cementado
- 2- Comprobación del Rm y Rp del acero F-1140, para las probetas en estado de estriado en frío. Se comprueba también el Rm y Rp para las probetas cementadas.
- 3- Con el Rm y Rp de las probetas cementadas, se analiza los sistemas de elementos estáticos, dinámicos y de deformaciones para el cerrojo Mauser.
- 4- Comprobación del proceso de mecanizado y ajuste a tolerancia.

2- Justificación del proyecto

1) El motivo por el que se realiza el proyecto, es la curiosidad de la empresa Atlas Armeros S.A., por conocer, como se había realizado una falla en uno de sus cerrojos. Este proyecto ha sido tutelado por el profesor de la Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Antonio Vicente Nadal Gisbert.

El fallo es producido en un tetón. Un tetón es el elemento del cerrojo Mauser, donde se concentran el mayor número de tensiones. La acción de un rifle no debe fallar, así que se analiza si se puede haber producido algún error en el procesado, si la elección del material para los fusiles no es la correcta, o se ha realizado un uso indebido.

2) Necesidad de presentar el proyecto, para la obtención del título en el grado de Ingeniería Mecánica.

Según el RD 1393/2007 del Boletín Oficial del Estado (BOE) , por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, modificado por el RD 861/2010 dispone, con carácter general, que todos los títulos oficiales "*concluirán con la elaboración y defensa*" de un Trabajo Fin de Grado (TFG) o Trabajo Fin de Máster (TFM), según el caso. Adicionalmente las órdenes ministeriales por las que se establecen los requisitos que deben cumplirse para la verificación de los títulos oficiales que habilitan para las profesiones de Arquitecto, Arquitecto Técnico, Ingeniero o Ingeniero Técnico también incluyen prescripciones generales relativas a la naturaleza de los TFG o TFM, condiciones para su presentación y defensa y, en algún caso, composición del tribunal calificador.

3.1- Sistema de cerrojo de un rifle Mauser

Ahora se analiza cual es el sistema de cerrojo, de un cerrojo Mauser, y porqué es en los tetones donde se produce una mayor concentración de tensiones, tanto antes como después del disparo.

El objetivo del cerrojo, es acerrojar la acción, para que en el momento del disparo, sus componentes permanezcan inmóviles. El cerrojo máuser, es la parte más importante de la acción Mauser. Se encuentra situada entre el cañón y la parte de madera (guardamanos o empuñadora).



Imagen 3.1. . Rifle Mauser figura completa

El cerrojo Mauser se compone de dos partes principales. La corredera, elemento que mostrado en la figura 2., y el armazón, que se muestra en la figura 3.

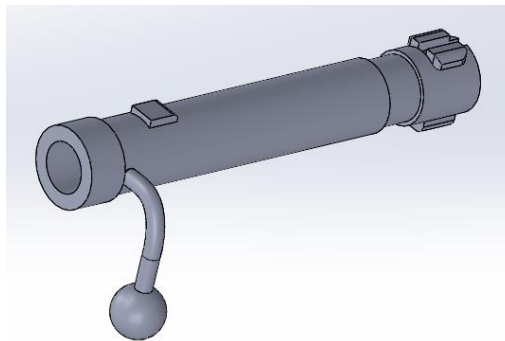


Imagen 3.2. Corredera de rifle Mauser

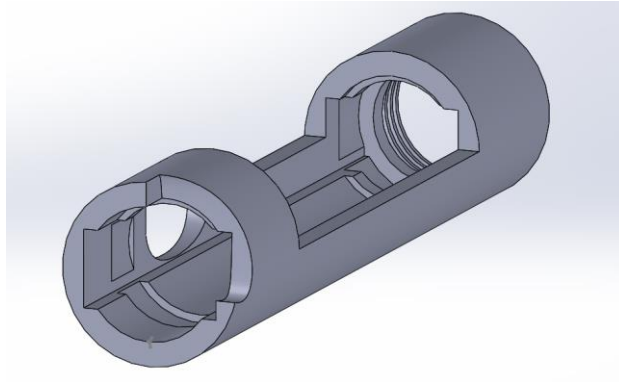


Imagen 3.3. Armazón de rifle Mauser

Tanto tetones, como asientos, son la parte fundamental del sistema, ya que gracias a ellos, el sistema queda acerrojado de tal manera que queda inmóvil. Los tetones quedan encajados dentro de los asientos, por eso queda el sistema acerrojado a la hora del disparo.

Como únicos responsables del acerrojamiento, es en los tetones y los asientos donde se produce la mayor concentración de tensiones.

Los tetones, encajan con un ajuste de centésimas de milímetro en la cavidad de los asientos.

3.1.1. Mecanismo de encaje de los tetones en los asientos

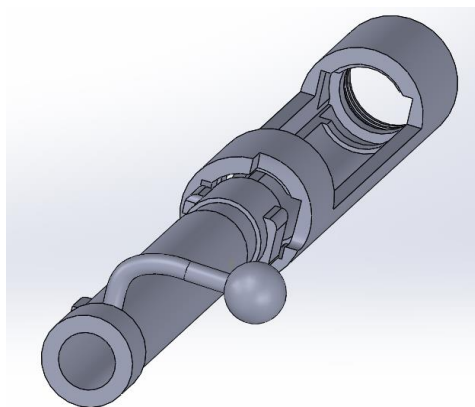


Imagen 3.4. Cerrojo Mauser. Encaje de la corredera con el armazón.

Los tetones, encajan con un ajuste de centésimas de milímetro en la cavidad de los asientos.

Como se ve en la imagen. La corredera, entra por unas guías construidas en el armazón. Cuando la corredera hace tope con el armazón y no puede seguir entrando, es que los tetones han llegado al final de su recorrido. La corredera, con la ayuda de la palanca, se gira 45° a la derecha. De esta manera los tetones quedan encajados en los asientos y ahora ya está el mecanismo preparado para realizar el disparo.

3.2 Tipos de fusiles e historia fusil Mauser

Un fusil es un arma de fuego portátil de cañón largo, que dispara balas de largo alcance.

3.2.1. Fusil de chispa

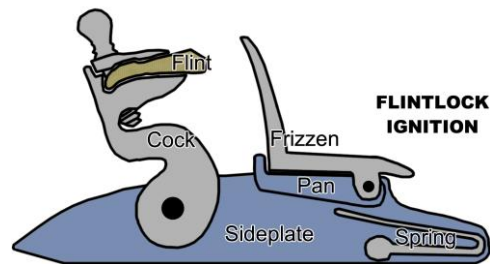


Imagen 3.5. Componentes en un fusil de chispa.

El fusil de chispa fue el primero de los fusiles y funcionaba muy precariamente en situaciones meteorológicas adversas. El funcionamiento es el siguiente. A la izquierda se sitúa el martillo junto a una pieza de sílice. Cuando se aprieta el gatillo, el martillo se acciona hacia abajo. La pieza de sílice golpea a otra de acero y se produce la chispa. Esta chispa recorre un conducto hasta llegar a la pólvora. Tanto la pólvora como la bala han sido introducidas por la boca del cañón, lo que hace de este fusil, un fusil complicado y lento en su carga. Esto significa que se tenía que cargar el fusil de manera lenta, cuando se tenía al bando enemigo enfrente disparando.

3.2.2. Fusil percutor

El fusil percutor es una evolución al rifle de chispa. A diferencia que en el rifle de chispa, el material inflamable no está unido al martillo percutor.

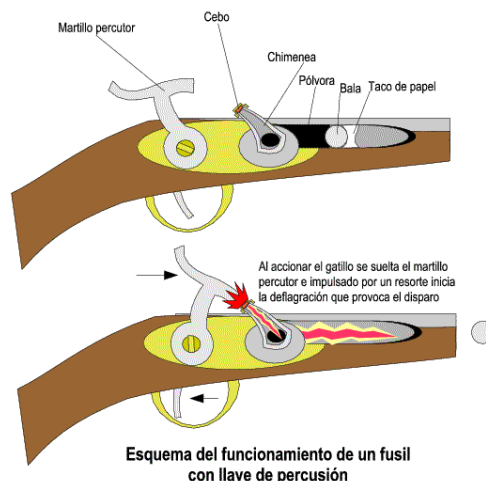


Imagen 3.6. Descripción gráfica de un fusil percutor.

Al igual que en el fusil de chispa, al apretar el gatillo se acciona el martillo percutor, el cual golpea el cebo. La inflamación del cebo a causa del golpe, inicia la chispa. La forma de carga de este fusil es por el cañón. Igual que la carga en el fusil con chispa.

3.2.3. Fusil de cerrojo fijo.

El sistema de fusil es completamente diferente. Por eso el fusil de cerrojo fijo fue un gran impacto. Para empezar, se crea el cartucho. El cartucho es un elemento donde se encuentra la capsula fulminante, la pólvora y la bala juntos.



Imagen 3.7. Imagen de fusil de cerrojo fijo.

El mecanismo del fusil consta de tres partes principales. La corredera, el armazón y el percutor. La corredera es el mecanismo que introduce al cartucho dentro de la recámara. La corredera dispone de una palanca. Mediante un movimiento de 45° de la palanca se puede acerrojar el sistema o desacerrojarlo. Acerrojar el sistema, consiste en introducir los tetones dentro de los asientos. El armazón es la pieza por donde se desliza la corredera transversalmente, tanto para izquierda como para derecha, cuando el arma no está acerrojada. Cuando el sistema esta acerrojado, el culo del cartucho está en contacto con la culata de la corredera. En ese momento el sistema está preparado para el disparo. El tirador, acciona el gatillo. En el momento

que se acciona el gatillo, el percutor va hacia adelante. El percutor realiza un movimiento transversal a lo largo del eje, hasta que este, impacta con el cartucho. Cuando impacta con el cartucho, este detona la cápsula fulminante y se produce el disparo. Tanto la corredera, como el armazón y el percutor, permanecen inmóviles a la hora del disparo. De aquí el nombre de cerrojo fijo.

3.2.4. Fusil de semiautomático o de cerrojo móvil

A diferencia que, en los fusiles de cerrojo fijo, aquí la parte de la corredera sí que se mueve como vemos en la imagen. La presión producida por el disparo, sirve para accionar el retroceso de la corredera. Para los fusiles semiautomáticos, no hay tetones en la corredera que la puedan enganchar con los asientos. Existe un muelle en el extremo izquierdo de la corredera que hace el movimiento de la corredera posible. A diferencia que en los fusiles de cerrojo fijo, en los fusiles de cerrojo móvil, las mayores presiones las tienen que aguantar el muelle que se encarga de absorber las fuerzas realizadas por las presiones del disparo.

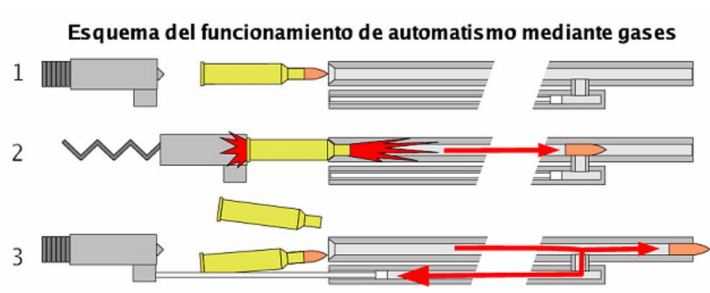


Imagen 3.8. Sistema de disparo en un fusil de cerrojo móvil.

3.2.5. Fusil de cerrojo fijo Mauser

Los tres mecanismos de cerrojo principales son los de Mauser, Lee-Enfield y Mosin-Nagant. El cerrojo del Lee-Enfield fue creado en 1889 y Mosin-Nagant fue creado en 1891. Estos fusiles fueron los más utilizados primero a nivel militar, en la Primera y en la Segunda Guerra Mundial, y después, para la caza deportiva.

El Mauser 98, llamado así por el año de su fabricación, reemplazó al anterior Gewehr 1888 como fusil estándar. El diseño del cerrojo empleado en el Mauser 98 fue patentado por Paul Mauser el 9 de septiembre de 1895. Este fue el último de una serie de fusiles Mauser introducidos en la década de 1890. El Mauser 98 fue empleado principalmente en la Primera Guerra Mundial, así como en diversos conflictos

coloniales en los años precedentes. Al igual que los fusiles de cerrojo contemporáneos, era un fusil preciso y potente con un largo alcance que era inadecuado para el combate cuerpo a cuerpo de la guerra de trincheras. Su considerable longitud y la distancia mínima de 400 m de su alza (muy por encima del alcance usual de los combates en trincheras) eran grandes desventajas. Su sucesor, el Mauser Kar 98k, pasaría a ser el fusil estándar de la Infantería alemana durante la Segunda Guerra Mundial.

Después de la Primera Guerra Mundial, el Mauser M 98 fue una versión civil del M98 adaptada para cacería y tiro al blanco. Con una apariencia vagamente similar al fusil militar, el M 98 era ofertado para diversos cartuchos de cacería, no como el fusil original. Los fusiles de la serie Mauser M 98 tenían varias características y opciones de serie, que también son típicas de los fusiles militares "civilizados", abarcando diversas modificaciones técnicas e incluyendo culatas de madera noble, incrustaciones de metales preciosos, grabados y diferentes acabados para las piezas metálicas. Además de los fusiles de cerrojo principales, también hay otros como el Schmidt-Rubin suizo, el Rosscanadiense, el Mannlicher M1895 austrohúngaro, el Carcano, el M91Remington o el 700Springfield M1903.

3.2.5.1. Ficha Técnica

Longitud total del fusil: 1235mm

Longitud del cañón: 40cm

Longitud del cartucho: 78mm

Peso del fusil : 3.900 gramos

Peso del fusil con el almacén lleno: 4.035 gramos

Distancia de la cantonera al centro de gravedad del fusil,: 565mm

Velocidad del proyectil a 25m de la boca: 635 m/s

3.3 Tratamientos térmicos

Los tratamientos térmicos, consisten en variar la microestructura de un material sin cambiar su composición química.

Las consecuencias son un cambio de las propiedades mecánicas del material.

El procedimiento consiste en calentar un material hasta una determinada temperatura y después enfriarlo. Dependiendo de la temperatura a la que se caliente el material, y

la velocidad con la que este se enfríe, se obtendrá una microestructura en el material u otra. Las dos variables principales en los tratamientos térmicos, son temperatura de calentamiento y velocidad de enfriamiento.

3.3.1. Tratamiento térmico de temple y revenido

3.3.1.1 Tratamiento térmico de temple

El objetivo de este tratamiento es conseguir martensita, por lo tanto endurecer el material. Solo se consigue martensita, si la velocidad de enfriamiento continuo, es más rápida que la velocidad crítica de temple.

El temple consiste, en calentar el material hasta la temperatura de austenización, y después enfriarlo rápidamente.

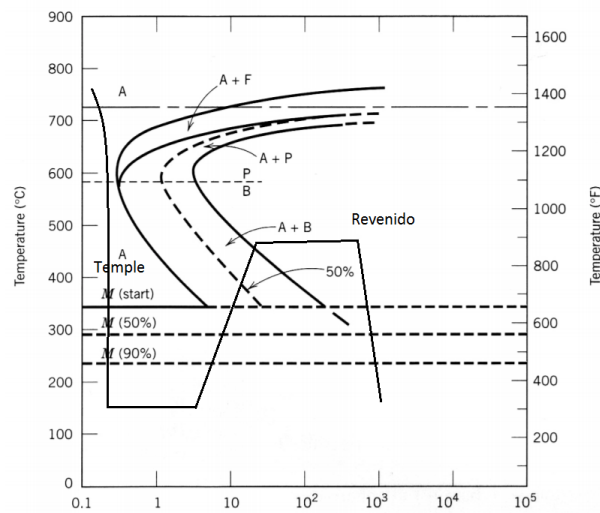


Imagen 3.9. Curva de enfriamiento para el temple.

Velocidad crítica de temple (V_c)

Esta velocidad, es la velocidad mínima de enfriamiento a la que se puede producir temple. Si velocidad de enfriamiento continuo es mayor que V_c , se producirá temple.

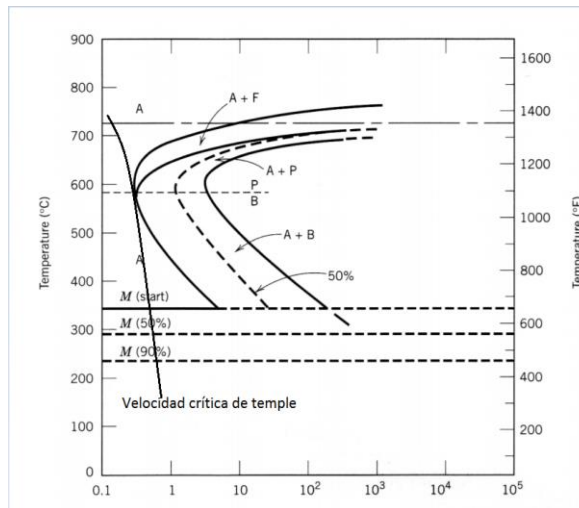


Imagen 3.10. Velocidad crítica de temple.

3.3.1.2. Revenido

El objetivo del revenido es obtener una estructura de precipitado a la vez que eliminar las tensiones internas. Se calienta en el horno durante un tiempo, y luego se deja enfriar lentamente. Así se reducen las tensiones internas que están en la microestructura. El proceso incrementa la resistencia a fatiga del material.

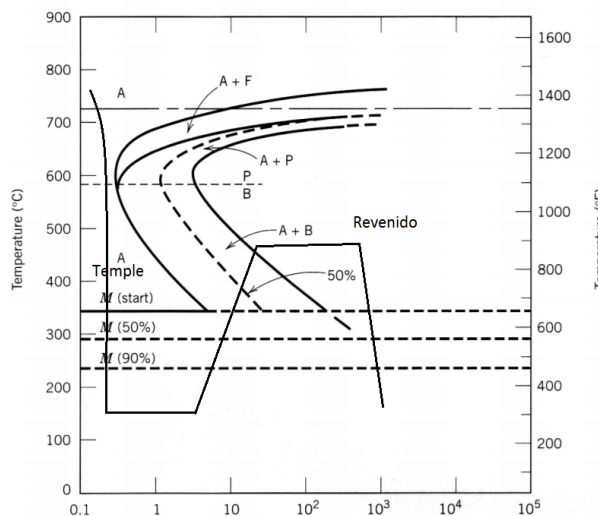


Imagen 3.11. Descripción gráfica del tratamiento revenido.

3.3.2. Curvas TTT

Las curvas TTT nos permiten, entre otros aspectos, poder analizar cuanta templabilidad tiene un acero. Cuanto más a la derecha se encuentre su nariz perlítica, más templable será el acero. Los elementos alfégenos o gammágenos que componen químicamente el material, son responsables de la colocación de la nariz perlítica y del mentón bainítico. También el tamaño de grano influye.

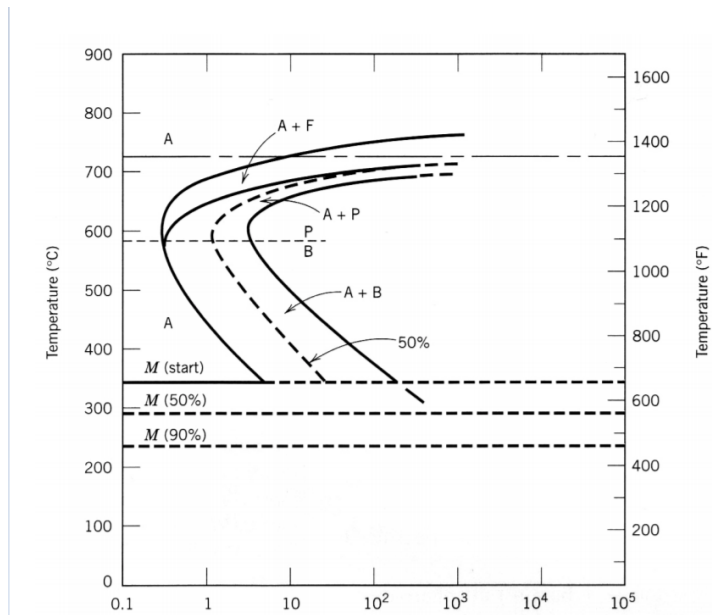


Imagen 3.12. Curvas TTT (Transformación-Temperatura-Tiempo).

Templabilidad

Es la capacidad que tiene un acero para crear martensita. Es más fácil para un acero crear martensita en la superficie que en el núcleo, porque la velocidad de enfriamiento es más rápida en la superficie que en el núcleo.

Cuando un acero es muy templable, estará templado hasta el núcleo de este, cuando sea poco templable o tenga baja templabilidad, solo estará templada su capa superficial.

Influencia de la cementación en la templabilidad

La cementación es un proceso influyente en la templabilidad. El carbono es un elemento gammágeno y los elementos gammágenos aumentan la templabilidad de los aceros.

Como la cementación es un tratamiento superficial, solo aumentará la templabilidad en la zona que haya sido afectada por la cementación.

3.3.3. Curva de revenido

En función de a que temperatura se realice el revenido la dureza del material es diferente. Cuanto mayor es la temperatura de revenido, menor es la dureza del material

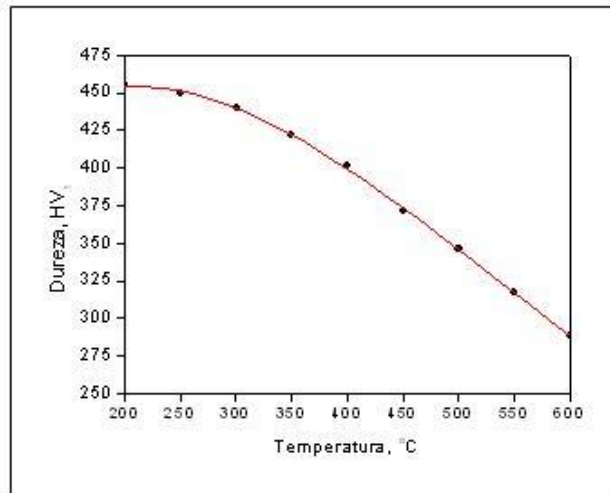


Imagen 3.13. Curva de revenido. Dureza en función de la temperatura de revenido.

3.3.4. Tratamientos térmicos y termoquímicos superficiales.

Los tratamientos térmicos y termoquímicos, tienen la función de endurecer la capa superficial del material.

El tratamiento térmico superficial más común es el temple superficial. Consta de conseguir martensita solo en la capa superficial. De esta manera queda la capa superficial endurecida. De esta manera varía la microestructura del material.

Otra forma de endurecimiento son los tratamientos termoquímicos como la cementación o la nitruración. En estos tratamientos varía la microestructura y la composición química. La cementación consiste en el aporte de carbono, y la nitruración, en el aporte de nitrógeno.

3.3.5. Tratamiento térmico de cementación

3.3.5.1. Equipo

- El equipo consiste de un horno Hobersal que alcanza una temperatura máxima de 1900 °C.

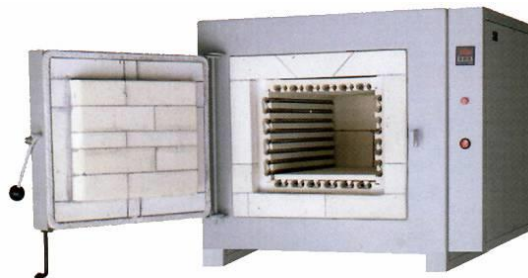


Imagen 3.14. Horno Hobersal

- Caja de cementación, que es donde se introducen los materiales a cementar.



Imagen 3.15. Caja de cementación



Imagen 3.16. Carbón para cementar.



Imagen 3.17. Barro utilizado que se utiliza como junta térmica.

3.3.5.2. Procedimiento

El horno se calienta hasta la temperatura una temperatura, en la que los aceros alcancen una temperatura de austenización. Por otra parte, se introduce las piezas de acero dentro de la caja de cementación junto al carbón para cementar. Se aplica barro haciendo la función de junta entre la tapadera y el cajón, de la caja de cementación. El barro tiene la función de hermetizar la caja de cementación. Se introduce la caja de cementación cerrada dentro del horno. Se deja el tiempo de la cementación y se extrae la caja. Se dejan enfriar las piezas.

3.3.5.3. Temperaturas y tiempos

Estas son las temperaturas con las que se indica la norma UNE EN 10084:2008 Aceros para cementar, cementar diferentes tipos de aceros.

Tabla 8 – Condiciones para el tratamiento térmico de las barras de ensayo y para el tratamiento de los aceros

Designación del acero		Ensayo de temple en el extremo Temperatura de austenitización ^a °C	Temperatura de cementación ^b °C	Temperatura de templado hasta el núcleo ^{c,d} °C	Temperatura de cementación superficial ^{c,d} °C	Revenido ^e °C
Simbólica	Numérica					
C10E	1.1121	–	880 a 980	880 a 920	780 a 820	150 a 200
C10R	1.1207					
C15E	1.1141	–	880 a 980	880 a 920	780 a 820	150 a 200
C15R	1.1140					
C16E	1.1148	–	880 a 980	880 a 920	780 a 820	150 a 200
C16R	1.1208					
17Cr3	1.7016	880	880 a 980	860 a 900	780 a 820	150 a 200
17CrS3	1.7014					
28Cr4	1.7030	850	880 a 980	860 a 900	780 a 820	150 a 200
28CrS4	1.7036					
16MnCr5	1.7131	870	880 a 980	860 a 900	780 a 820	150 a 200
16MnCrS5	1.7139					
16MnCrB5	1.7160	870	880 a 980	860 a 900	780 a 820	150 a 200
20MnCr5	1.7147	870	880 a 980	860 a 900	780 a 820	150 a 200
20MnCrS5	1.7149					
18CrMo4	1.7243	880	880 a 980	860 a 900	780 a 820	150 a 200
18CrMoS4	1.7244					
22CrMoS3-5	1.7333	900	880 a 980	860 a 900	780 a 820	150 a 200

Imagen 3.18. Temperatura para realizar los tratamientos térmicos según la norma EN 10084:2008 Aceros para cementar.

NOTA Las temperaturas para los tratamientos de cementación, templado hasta el núcleo, cementación superficial y revenido, se dan a título informativo; en la práctica, las temperaturas reales a elegir deberían ser aquellas que proporcionarán las características que se requieren.
^a A título informativo, el tiempo para la austenitización es de 30 min a 35 min.
^b La temperatura de cementación dependerá de la composición química del acero, de la masa del producto y del medio de cementación. Si los aceros se tratan por temple directo, por lo general no se supera una temperatura de 950 °C. En procedimientos especiales, por ejemplo, bajo vacío, no son inusuales temperaturas más altas (por ejemplo, 1 020 °C a 1 050 °C).
^c Cuando se aplica el método de temple directo, el acero debe quedar templado a partir de la temperatura de cementación o de una temperatura más baja. En cada caso se han de preferir las temperaturas de templado más bajas, en particular cuando exista riesgo de distorsión.
^d El tipo del agente de templado depende de, por ejemplo, la forma de los productos, las condiciones de enfriamiento, y de la carga del horno.
^e A título informativo, el tiempo para el revenido es de 1 h como mínimo.

3.19.

Especificaciones sobre la normativa EN 10084:2008 Aceros para cementar.

El tiempo para la austenización es de 30 a 35 min.

De la revista “*Ciencia y desarrollo*” encontramos el artículo “*Comportamiento a fatiga de un acero SAE 1022 recubierto con capa carburada obtenido por cementación sólida*” con responsable Ing. Freddy Cori Nina, se encuentran diferentes tiempos de cementación para diferentes profundidades. El acero SAE 1022, es un acero para cementar.

Tabla de profundidades de la cementación

Nº de prueba	Tiempo (h)	Temperatura °C	Capa cementada (mm)
1	4	880	0,6188068

	2	12	880	0,839804
	3	4	950	1,108482
	4	12	950	2,667486
Nº de probetas				
	5	8	900	1,060358
	6	8	900	0,933598
	7	8	900	0,86602638

Tabla 3.1. Tabla de profundidades para la cementación en función del tiempo y la temperatura para un acero SAE 1022.

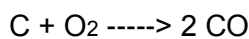
3.3.5.4. Problemas

Se ve en la tabla, representado con la norma UNE EN 10084:2008 Aceros para cementar, la temperatura para la cementación para diferentes tipos de aceros. En muchas de esas temperaturas, los aceros se encuentran en estado de austenización. Con su enfriamiento es posible que se produzcan deformaciones.

Otro de los problemas posibles es la descarburación. Igual que se puede aportar carbono por medio de la cementación, un acero también se puede descarburar. Todo material tiende a volver a su estado natural, y si a este factor le añadimos la temperatura, el acero tiende a perder el carbono absorbido.

3.3.5.4.1. Análisis de la descarburación de forma química.

El carbono de la probeta en contacto con el oxígeno a altas temperaturas produce óxido de carbono.



Esta es la manera como se descarbura la pieza.

3.3.5.5. Aceros para cementación

Tabla 3 – Tipos de acero y composición química (análisis de colada)

Designación del acero		% en masa ^{a, b, c}								
Simbólica	Numérica	C	Si máx.	Mn	P máx.	S	Cr	Mo	Ni	B
C10E	1.1121	0,07 a 0,13	0,40	0,30 a 0,60	0,035	≤ 0,035	–	–	–	–
C10R	1.1207	0,07 a 0,13	0,40	0,30 a 0,60	0,035	0,020 a 0,040	–	–	–	–
C15E	1.1141	0,12 a 0,18	0,40	0,30 a 0,60	0,035	≤ 0,035	–	–	–	–
C15R	1.1140	0,12 a 0,18	0,40	0,30 a 0,60	0,035	0,020 a 0,040	–	–	–	–
C16E	1.1148	0,12 a 0,18	0,40	0,60 a 0,90	0,035	≤ 0,035	–	–	–	–
C16R	1.1208	0,12 a 0,18	0,40	0,60 a 0,90	0,035	0,020 a 0,040	–	–	–	–
17Cr3	1.7016	0,14 a 0,20	0,40	0,60 a 0,90	0,025	≤ 0,035	0,70 a 1,00	–	–	–
17CrS3	1.7014					0,020 a 0,040				
28Cr4	1.7030	0,24 a 0,31	0,40	0,60 a 0,90	0,025	≤ 0,035	0,90 a 1,20	–	–	–
28CrS4	1.7036					0,020 a 0,040				
16MnCr5	1.7131	0,14 a 0,19	0,40	1,00 a 1,30	0,025	≤ 0,035	0,80 a 1,10	–	–	–
16MnCrS5	1.7139					0,020 a 0,040				
16MnCrB5	1.7160	0,14 a 0,19	0,40	1,00 a 1,30	0,025	≤ 0,035	0,80 a 1,10	–	–	0,0008 a 0,0050 ^d
20MnCr5	1.7147	0,17 a 0,22	0,40	1,10 a 1,40	0,025	≤ 0,035	1,00 a 1,30	–	–	–
20MnCrS5	1.7149					0,020 a 0,040				
18CrMo4	1.7243	0,15 a 0,21	0,40	0,60 a 0,90	0,025	≤ 0,035	0,90 a 1,20	0,15 a 0,25	–	–
18CrMoS4	1.7244					0,020 a 0,040				
22CrMoS3-5	1.7333	0,19 a 0,24	0,40	0,70 a 1,00	0,025	0,020 a 0,040	0,70 a 1,00	0,40 a 0,50	–	–
20MoCr3	1.7320	0,17 a 0,23	0,40	0,60 a 0,90	0,025	≤ 0,035	0,40 a 0,70	0,30 a 0,40	–	–
20MoCrS3	1.7319					0,020 a 0,040				
20MoCr4	1.7321	0,17 a 0,23	0,40	0,70 a 1,00	0,025	≤ 0,035	0,30 a 0,60	0,40 a 0,50	–	–
20MoCrS4	1.7323					0,020 a 0,040				
16NiCr4	1.5714	0,13 a 0,19	0,40	0,70 a 1,00	0,025	≤ 0,035	0,60 a 1,00	–	0,80 a 1,10	–
16NiCrS4	1.5715					0,020 a 0,040				
10NiCr5-4	1.5805	0,07 a 0,12	0,40	0,60 a 0,90	0,025	≤ 0,035	0,90 a 1,20	–	1,20 a 1,50	–
18NiCr5-4	1.5810	0,16 a 0,21	0,40	0,60 a 0,90	0,025	≤ 0,035	0,90 a 1,20	–	1,20 a 1,50	–

Tabla 3.2. Composición química de aceros para la cementación según la norma EN 10084:2008 Aceros para cementar.

3.3.6 Normalizado

TTT Diagram for AISI 1045 Steel
(Problems 4 and 5)

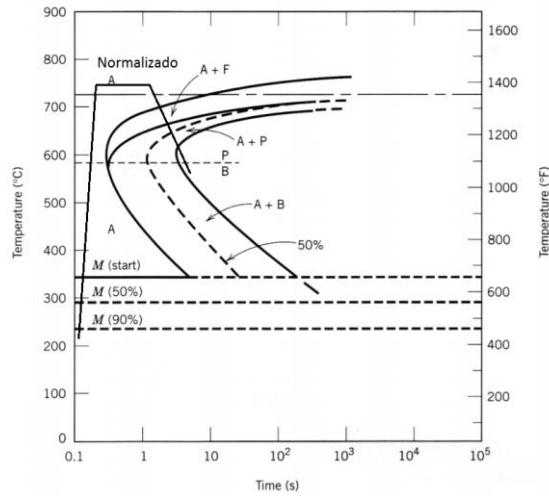


Imagen 3.20. Descripción gráfica tratamiento de normalizado.

Es el estado en el que se encuentran los aceros, cuando vienen de suministro. Consiste en devolver un estado natural y homogéneo a la pieza, después de los procesos sufridos para su estado de conformado. Otro objetivo que se consigue con el normalizado es disminuir el tamaño de grano, así aumentando la tenacidad del acero.

Procesos como un laminado en frío o un forjado, dejan a la pieza con un gran número de defectos microestructurales. También se puede dar el caso de la aparición de carburos, si la pieza ha sido calentada y enfriada en procesos como el de forja a altas temperaturas. En el caso de que no se realice el normalizado, dichos defectos tienen una gran repercusión negativa especialmente en el temple. El temple ya es un proceso que deja la pieza frágil y se agrava si a esto le sumamos defectos microestructurales.

3.3.7 Nitruración

Es el tratamiento termoquímico alternativo a la cementación. El proceso es muy similar al de la cementación. Antes de la nitruración se realiza un tratamiento térmico de temple.

En primer lugar, se calienta el horno a 500° C. Se introducen las probetas dentro de una caja para nitrurar. Se cierra y aísla para que no puedan entrar ni salir gases. Se aísla la caja con fibras cerámicas puestas entre la tapadera de la caja y la caja.



Imagen 3.21. Caja para nitruración

Una vez aislada la caja, se introduce dentro del horno. La caja de cementación, tiene dos conductos, que dan al exterior del horno. Estos dos conductos se conectan a los dos tubos que salen de la bombona de nitrógeno. De la bombona de nitrógeno pasando por los tubos, y después por los conductos de la caja, es como llega el nitrógeno dentro de la caja.

3.4 Normativa técnica

Armeros

Artículo 10. (Modificado por el Real Decreto 976/2011, de 8 de julio)

3. Las actividades relacionadas con la fabricación y comercio de armas de fuego tienen la consideración de sector específico en materia de derecho de establecimiento con base en la Ley Orgánica 1/1992, de 21 de febrero, sobre Protección de la Seguridad Ciudadana, y en la Ley 18/1992, de 1 de julio, por la que se establecen determinadas normas en materia de inversiones extranjeras en España.

Reparación de armas de fuego

Artículo 26.

1. La reparación de armas de fuego se hará solamente por las industrias que las hubiesen fabricado o por armeros, autorizados por la Intervención de Armas de la Guardia Civil, con establecimientos abiertos e inscritos en un registro que llevará la misma Intervención.
2. Toda industria o establecimiento que repare armas llevará un libro en el que anote las entradas y salidas de las mismas, con datos de arma y propietario, enviando mensualmente a la Intervención de Armas correspondiente, una copia de las anotaciones sentadas en el mismo.
3. No se admitirá ningún arma a reparar si no va acompañada de su guía de pertenencia, la cual quedará en poder del armero mientras dure la reparación y será en su momento devuelta al interesado con el arma. Este documento deberá ser sustituido por una guía de circulación, expedida por la Intervención de Armas de origen, cuando el propietario del arma que desee repararla resida en localidad distinta a la del armero y no la lleve personalmente.

4. En ningún caso se permitirá que la reparación suponga modificación de las características, estructura o calibre del arma sin conocimiento de la Intervención de Armas de la Guardia Civil y aprobación en su caso del Ministerio de Defensa, con arreglo al artículo 24, previa obtención de la documentación correspondiente.

4. Antecedentes

La empresa Atlas Armeros, contacta con la Universidad por la fractura de un tetón en la corredera Mauser. El acero de la corredera, entregada para el estudio por la empresa Atlas Armeros es un C45. Por un mal uso, o por un mal procesado se ha producido una falla en el cerrojo, aunque los fallos mecánicos suelen ser consecuencias de varios factores y no solo de uno.



Imagen 4.1. Cerrojo Mauser de acero C45 donde se encuentra la falla.

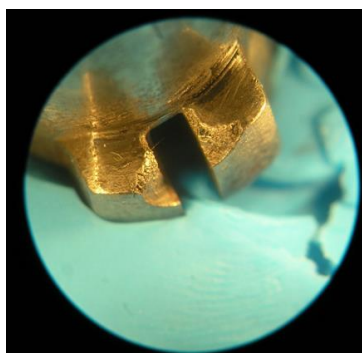


Imagen 4.2. Tetón donde se encuentra la falla.

5 Materiales

5.1 Material

El material utilizado es un F-1140 según la norma UNE. El acero F-1140 es el acero analizado porque es el acero que nos ha dado la empresa Atlas Armeros para analizar. Es un acero especial, para temple y revenido no aleado. Su designación numérica es 1.0503 y su designación simbólica es C45. Esta conversión es afirmada por la norma UNE EN 10083-2:2006 Aceros para temple y revenido.

Tabla 3 – Tipos de acero y composición química (análisis de colada)

Designación del acero		Composición química (% en masa) ^{a, b, c}								
Simbólica	Númérica	C ^d	Si máx.	Mn	P máx.	S	Cr máx.	Mo máx.	Ni máx.	Cr + Mo + Ni máx. ^d
Aceros de calidad										
C35	1.0501	0,32 a 0,39	0,40	0,50 a 0,80	0,045	máx. 0,045	0,40	0,10	0,40	0,63
C40	1.0511	0,37 a 0,44	0,40	0,50 a 0,80	0,045	máx. 0,045	0,40	0,10	0,40	0,63
C45	1.0503	0,42 a 0,50	0,40	0,50 a 0,80	0,045	máx. 0,045	0,40	0,10	0,40	0,63
C55	1.0535	0,52 a 0,60	0,40	0,60 a 0,90	0,045	máx. 0,045	0,40	0,10	0,40	0,63
C60	1.0601	0,57 a 0,65	0,40	0,60 a 0,90	0,045	máx. 0,045	0,40	0,10	0,40	0,63
Aceros especiales										
C22E	1.1151	0,17 a 0,24	0,40	0,40 a 0,70	0,030	máx. 0,035 ^e	0,40	0,10	0,40	0,63
C22R	1.1149					0,020 a 0,040				
C35E	1.1181	0,32 a 0,39	0,40	0,50 a 0,80	0,030	máx. 0,035 ^e	0,40	0,10	0,40	0,63
C35R	1.1180					0,020 a 0,040				
C40E	1.1186	0,37 a 0,44	0,40	0,50 a 0,80	0,030	máx. 0,035 ^e	0,40	0,10	0,40	0,63
C40R	1.1189					0,020 a 0,040				
C45E	1.1191	0,42 a 0,50	0,40	0,50 a 0,80	0,030	máx. 0,035 ^e	0,40	0,10	0,40	0,63
C45R	1.1201					0,020 a 0,040				

Tabla 5.1. Composición química del acero C45 según la normal EN 10083-2:2006 Aceros para temple y revenido.

Tabla 4 – Desviaciones admisibles entre el análisis de producto y los valores límite especificados en la tabla 3 para el análisis de colada

Elemento	Contenido máximo admisible en el análisis de colada % en masa	Desviación admisible ^a % en masa
C	≤ 0,55	± 0,02
	> 0,55	± 0,03
Si	≤ 0,40	+ 0,03
Mn	≤ 1,00	± 0,04
	> 1,00	± 0,05
P	≤ 0,045	+ 0,005
S	≤ 0,045	+ 0,005 ^b
Cr	≤ 0,40	+ 0,05
Mo	≤ 0,10	+ 0,03
Ni	≤ 0,40	+ 0,05

Tabla 5.2. Desviaciones admisibles en el análisis de la colada del material según la norma EN 10083-2:2006 Aceros para temple y revenido.

Características mecánicas en diferentes estados										
Estado	Espesor Ø mm.	E Kg/mm ² (mínimo)	R Kg/mm ²	A% (mínimo) Lo=5 do			KCU Kg/cm ² (mínimo)			ξ % (mínimo) sent. long.
				L (1)	Tg (1)	Tr (1)	L (1)	Tg (1)	Tr (1)	
Normalizado: 860°C/aire	≤ 16	36	64-78	18	—	—	4	—	—	45
	16-40	32	61-74	17	—	—	4	—	—	45
	40-100	30	60-73	17	—	—	4	—	—	45
	100-160	29	56-71	17	14	12	4	3	3	—
	160-500	28	55-70	16	13	11	3	3	2	—
Tratado: Temple 850°C/aceite o 840°C/agua Revenido 600°C	≤ 16	53	75-95	14	—	—	4	—	—	40
	16-40	44	68-87	16	—	—	4	—	—	45
	40-100	39	63-82	17	—	—	4	—	—	50
	100-160	36	58-77	18	14	12	4	4	3	—
	160-500	32	57-74	18	13	11	4	4	3	—
Estirado en frío con recocido previo de ablandamiento	6-10	51	71-95	5	—	—	—	—	—	—
	10-15	48	70-93	6	—	—	—	—	—	—
	15-25	43	67-91	6	—	—	—	—	—	—
	25-40	39	65-87	7	—	—	—	—	—	—

Tabla 5.3. Propiedades mecánicas para el acero C45 estirado en frío. Es su estado de suministro.

AENOR

- 29 -

EN 10083-2:2006

Tabla 13 – Tratamiento térmico ^a

Designación del acero		Temple ^{b,c}	Medio de temple ^d	Revenido ^e	Ensayo por templado final	Normalizado ^c
Simbólica	Númérica	°C		°C	°C	°C
Aceros de calidad						
C35	1.0501	840 a 880	Agua o aceite	550 a 660	—	860 a 920
C40	1.0511	830 a 870			—	850 a 910
C45	1.0503	820 a 860			—	840 a 900
C55	1.0535	810 a 850	Aceite o agua		—	825 a 885
C60	1.0601	810 a 850			—	820 a 880

Tabla 5.4. Para el acero C45 según la norma UNE EN 10083-2:2006 Aceros para temple y revenido, a que temperatura realizar el temple y revenido, y en que medio ha de realizar el temple según la norma En 10083-2:2006 Aceros para temple y revenido.

Rm y Rp0,2 del acero C45 para dentro del rango de diámetro <16mm.

Designación del acero		Propiedades mecánicas para la sección principal (v)				
Simbólica	Numérica	$d \leq 16 \text{ mm}$ $t \leq 8 \text{ mm}$				
		R_e mín.	R_m	A mín. %	Z mín. %	KV^b mín. J
		MPa ^c				
C35	1.0501	430	630 a 780	17	40	–
C40	1.0511	460	650 a 800	16	35	–
C45	1.0503	490	700 a 850	14	35	–
C55	1.0535	550	800 a 950	12	30	–
C60	1.0601	580	850 a 1 000	11	25	–
C22E C22R	1.1151 1.1149	340	500 a 650	20	50	–
C35E C35R	1.1181 1.1180	430	630 a 780	17	40	–
C40E C40R	1.1186 1.1189	460	650 a 800	16	35	–
C45E C45R	1.1191 1.1201	490	700 a 850	14	35	–
C50E C50R	1.1206 1.1241	520	750 a 900	13	30	–
C55E C55R	1.1203 1.1209	550	800 a 950	12	30	–
C60E C60R	1.1221 1.1223	580	850 a 1 000	11	25	–
28Mn6	1.1170	590	800 a 950	13	40	–

Tabla 5.5. Propiedades mecánicas a temperatura ambiente en el estado de temple y revenido (+QT), para el acero con la designación numérica 1.0503, según la norma UNE EN 10083-2:2006.

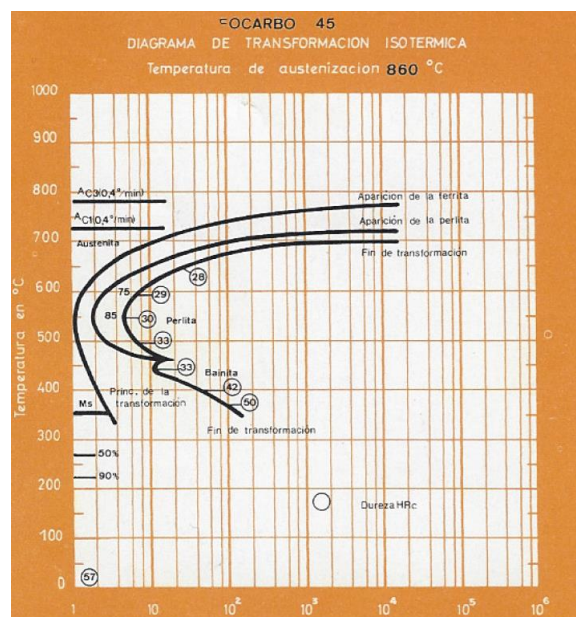


Imagen 5.1. Curva TTT para acero C45.

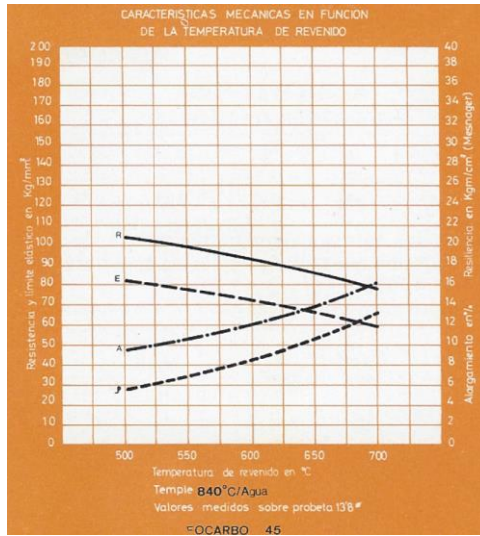


Imagen 5.2. Características en función de la temperatura de revenido para el acero C45

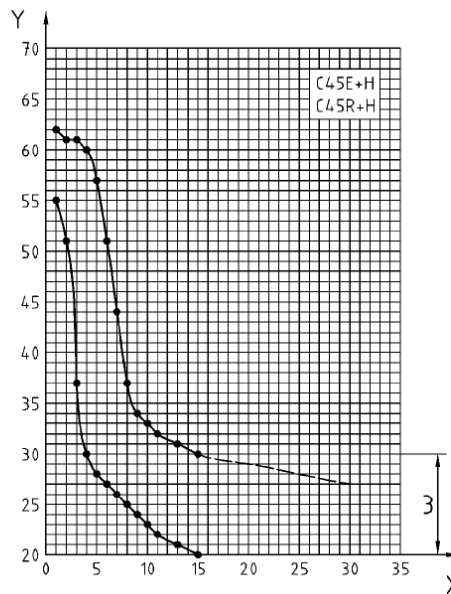


Tabla 5.6. Bandas de templabilidad para un acero C45 según la norma UNE EN 10083-2:2006 Aceros para temple y revenido.

5.2 Proceso de tratamiento del material

5.2.1. Mecanizado

Se pide acero C45 en dos condiciones diferentes. Redondo de acero con diámetro 14mm y 1 metro y medio de longitud. También se pide el acero C45 en forma de prisma cuadrangular, de un 1 metro de longitud. El redondo de acero es para realizar las probetas a tracción y el prisma cuadrangular para las probetas de resiliencia.

5.2.1.1 Probetas de resiliencia

El prisma cuadrangular es pedido para que llegue con unas dimensiones de 10x10mm de lado, pero está sobredimensionado. Por lo tanto, se utiliza la fresadora con control numérico hasta que las probetas tienen una dimensión de 10x10mm. El error en las probetas de resiliencia es de $\pm 0,05$ mm. Es utilizado el micrómetro digital para medir las dimensiones.

5.2.1.2. Probetas a tracción

El redondo de acero C45 se ha de mecanizar. Este redondo tiene un diámetro de 14mm y una longitud de 1 metro y medio. Se cortan cuatro piezas con una longitud de 280 milímetros. Las piezas han de tener un diámetro de 10 mm en la parte central. Para ello se utiliza el torno.

Se hace un punto en todas las probetas para que estas, puedan estar apoyadas en el contrapunto del torno. Ahora se procede a la mecanización de pieza por pieza.

La pieza se agarra entre un plato de garras y el contrapunto. De esta manera la pieza queda sujeta. La herramienta de corte puede proceder a cortar. Se desbasta 0,25 mm de radio en cada pasada a una velocidad de giro del husillo de 1000 rpm, mientras que en la última pasada, para un mejor acabado, se desbasta 0,05 mm de radio a una velocidad de giro de 1000 rpm.

También se realiza el ángulo en la probeta, que une el diámetro mayor con el diámetro menor. Para ello se gira el carro el ángulo deseado. En este caso se gira el carro 4,57°.

De esta manera se mecaniza el ángulo

5.2.2. Tratamiento térmico

Se enchufa el horno y se calienta a una temperatura de 920 °C. En segundo creamos un utillaje para la extracción de las probetas. Recordar que cuando se extrae la caja de cementación del horno, esta se encuentra a una temperatura de 920 °C y el manejo de esta, es complicado a tan altas temperaturas. Además de las altas temperaturas, las probetas estarán sumergidas por el carbón para cementar. Para poder extraer las piezas de la caja de cementación después de la cementación, se crean unos utillajes.

Los utillajes son unos alambres hierro fácilmente maleables. Se envuelve las probetas con estos alambres, pero se deja un extremo en forma de saliente. Por dicho extremo es por donde será cogida la pieza, para extraerla de la caja de cementación, ya que estas probetas quedan enterradas por el carbón para la cementación y mediante dicho

utilizaje es la única forma de extraerlas, mientras la caja el carbón y las probetas todavía están calientes.

5.2.2.1. Introducción de las probetas en la caja de cementación

Se introducen las probetas y el granulado para cementación de la siguiente forma. Las probetas comparten la caja con el carbón para cementar. Una primera capa de carbono se introduce en la base de la caja. Sobre esta primera base, se colocan las probetas sin que estas tengan contacto entre ellas.



Imagen 5.3. Caja de cementación.

Es importante que no tengan contacto entre ellas, si no la cementación en el punto de contacto variaría con respecto al resto de la superficie. Por problemas de dimensiones, no todas las probetas caben en un solo plano de la caja, así que hay que colocar las probetas a dos alturas.

Este primer plano de probetas, ya colocadas dentro de la caja, es sumergido con el aporte de más carbón para cementar. Cuando las probetas del primer plano quedan cubiertas por carbón, se colocan las probetas restantes. Todas ellas sin estar en contacto con ninguna otra probeta. Por último, se sumerge también este segundo plano de probetas con más carbón para cementar.

Se coloca un material de fibra de cerámica haciendo función de junta. Este material se coloca por el perímetro de la caja, entre la propia caja y su tapadera. De esta manera no se podrá escapar el carbono en forma de gas que se cree dentro de la caja. Este material tiene una sección rectangular de 20x15mm. Otros materiales como el barro también pueden ser aplicados para la función de junta.

La caja para cementar, tiene dos conductos que conectan la caja para cementar con el exterior del horno. Estos conductos son utilizados en casos de cementación gaseosa. Los conductos son tapados con fibras cerámicas. De esta manera se evita el escape de carbono en la caja de cementación.

Una vez todo dentro del horno, se calientan las probetas durante 4 horas como lo hace habitualmente el armero. La profundidad de cementación, como se ha visto en el apartado de cementación, a una temperatura de 920° C y un tiempo de calentamiento de 8 horas, profundiza 0,9 milímetros. A 920° C, durante un tiempo de 4 horas, se estima una profundidad de 0,45 milímetros.

Cuando acaban las 4 horas de cementación, se extrae la caja de cementación y se dejan enfriar dentro de la caja de cementación para que no se descarburen.

5.2.2.2. Temple superficial

Una vez realizada la cementación, es el temple superficial en las probetas. Se mantiene el horno a la misma temperatura que se ha calentado para la cementación.

Se colocan las probetas dentro de un recipiente abierto con carbono vegetal para que no se produzca la descarburación. Un recipiente abierto, donde el carbón vegetal rodee a las probetas, es suficiente para que no se produzca la descarburación a 920 ° C, durante 10 minutos. Una vez transcurridos los 10 minutos se extraen las probetas. La extracción de las probetas del horno se hace de manera individual, con unas tenazas se van cogiendo las probetas una por una y enfriándolas en el aceite. La extracción de las piezas es de manera individual porque, de esta manera la probeta va directamente del horno al aceite. Solo transcurre un segundo.

Tanto en la cementación como en el temple, la extracción de las probetas del horno se debe realizar con los elementos de seguridad. Los elementos de seguridad, son unas gafas reglamentadas para este tipo de trabajos y unos guantes resistentes a la temperatura.

5.2.2.3. Revenido

El horno se calienta hasta 450° C y se introducen las piezas en su interior directamente, sin ningún tipo de recipientes ni de caja.

Se dejan durante media hora en el horno para que todo el volumen de la pieza este a la misma temperatura, y se extraen con las pinzas. A continuación, se dejan enfriar al aire libre.

5.3 Muestras y preparación

Según la normativa UNE-EN ISO 148-1, las probetas para ensayos de resiliencia tienen que tener las siguientes dimensiones:

La probeta estándar debe tener una longitud de 55 mm y una sección transversal cuadrada de 10 mm de lado. En el punto medio de su longitud debe tener una entalla en V o en U.

La entalla en V debe tener un ángulo de 45°, una profundidad de 2 mm y un radio en el fondo de la entalla de 0,25mm.

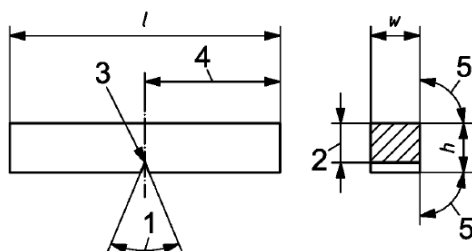


Imagen 5.4. Dimensiones de probeta para un ensayo de resiliencia según la normativa En ISO 148-1.

Designación	Símbolo y número	Probeta con entalla en V		
		Dimensión nominal	Tolerancia de mecanizado	
			Clase de tolerancia ^a	
Longitud	<i>l</i>	55 mm	± 0,60 mm	js15
Altura ^b	<i>h</i>	10 mm	± 0,075 mm	js12
Anchura ^b :	<i>w</i>			
– probeta estándar		10 mm	± 0,11 mm	js13
– probeta de sección reducida		7,5 mm	± 0,11 mm	js13
– probeta de sección reducida		5 mm	± 0,06 mm	js12
– probeta de sección reducida		2,5 mm	± 0,05 mm	js12
Ángulo de la entalla	1	45°	± 2°	–
Altura bajo la entalla (altura de la probeta menos la profundidad de la entalla)	2	8 mm	± 0,075 mm	js12
Radio de curvatura en la base de la entalla	3	0,25 mm	± 0,025 mm	–
Distancia del plano de simetría de la entalla respecto a los extremos de la probeta ^b	4	27,5 mm	± 0,42 mm ^d	js15
Ángulo entre el plano de simetría de la entalla y el eje longitudinal de la probeta		90°	± 2°	–
Ángulo entre las caras longitudinales adyacentes de la probeta	5	90°	± 2°	–

Tabla 5.7. Tolerancias permitidas según la norma ISO 148-1.

El microdurómetro ha sido el instrumento, para comprobar que las dimensiones de las probetas entran dentro de las tolerancias marcadas según la norma ISO 148-1. El micrómetro mide hasta las milésimas de milímetro, con un error de $\pm 0,003$ mm.



Imagen 5.5. Microdurómetro.

5.3.1. Probetas de resiliencia

8 probetas para el ensayo de resiliencia. 4 probetas tienen entalla y 4 no la tienen. 2 probetas con entalla se encuentran en estado de estriado en frío, y las otras están cementadas. Al igual que con las probetas con entalla, 2 de las probetas sin entalla están en estado de estriado en frío, y las otras dos cementadas.

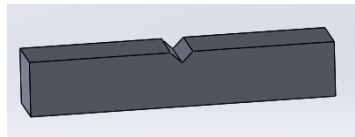


Imagen 5.6. Probeta de resiliencia con entalla.

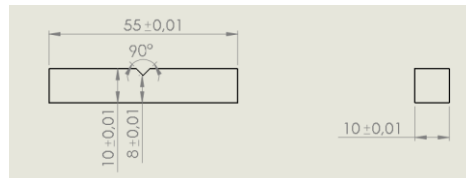


Imagen 5.7. Dimensiones de una probeta de resiliencia con entalla.

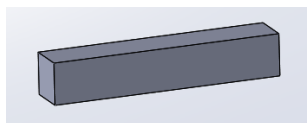


Imagen 5.8. Probeta de resiliencia sin entalla.

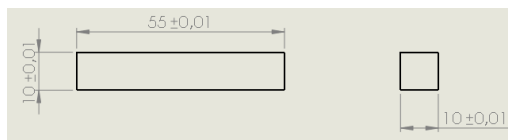


Imagen 5.9. Dimensiones de una probeta de resiliencia sin entalla.

5.3.2. Probetas de tracción.

4 probetas para el ensayo de tracción. El acero en 2 de las probetas, se encuentra en el estado de estriado en frío. 1 de las 4 probetas se encuentra en estado cementado y la otra probeta, esta cementada solo en el diámetro inferior de la probeta.

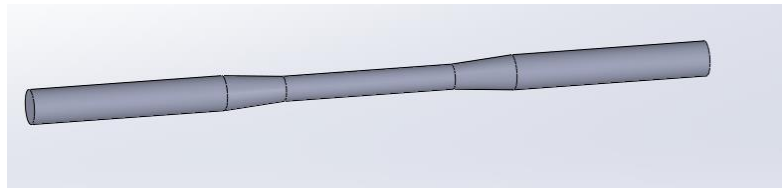


Imagen 5.10. Probeta para ensayo de tracción.

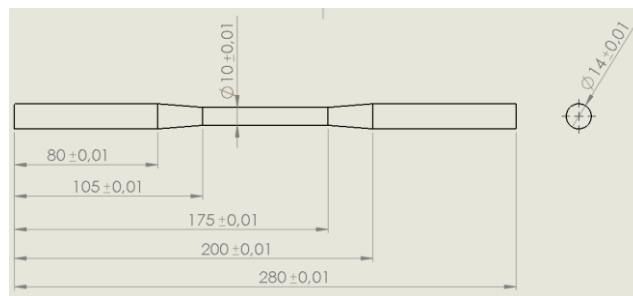


Imagen 5.11. Planos para probetas de tracción

5.4 Normativa (ensayos de tracción, resiliencia, templabilidad y fatiga)

Clases y ejecución de los ensayos de fatiga de los materiales metálicos

**UNE
7 118**

1. Objeto

Esta norma tiene por objeto indicar las clases de ensayos de fatiga a que se han de someter los materiales metálicos, así como el modo de ejecutarlos.

2. Definición

Se denomina ensayo de fatiga el ensayo a que se somete un metal en dispositivos adecuados para que, haciéndole trabajar sometido a cargas alternas, se puedan determinar los diversos límites de fatiga o verificar si determinados cargas, con una duración determinada, producen o no fatiga.

3. Clasificación

3.1. Ensayo de flexión rotativa σ_r (kgf/mm²). El ensayo se realiza sobre una probeta cilíndrica (con o sin estrangulamiento), rotativa y sometida a un momento flector constante.

3.2. Ensayo de flexión plana σ_p (kgf/mm²). El ensayo se realiza sobre una probeta de sección rectangular sometida a un momento flector alterno.

3.3. Ensayo de tracción-compresión (esfuerzo axial) σ_c (kgf/mm²). El ensayo se realiza sobre una probeta de sección circular o rectangular sometida a esfuerzos axiales alternos de tracción-compresión.

3.4. Ensayo de torsión σ_t (kgf/mm²). El ensayo se realiza sobre probeta cilíndrica (con o sin estrangulamiento) sometida a un momento de torsión alternativo.

3.5. Ensayos especiales. Independientemente de los ensayos reseñados, se pueden realizar ensayos especiales de fatiga, en los que, más que una característica del metal, se trata de verificar su comportamiento en determinadas condiciones. Tales son el de choques repetidos, en el que la probeta se somete a choques de energía determinada y se determina el número de los que soporta; el de flexión-torsión, en el que al metal se somete a la acción combinada de momentos de flexión y de torsión alternos, etc.

4. Marcha general de un ensayo de fatiga

De las dos tensiones, la estática σ_m y la alternativa f simétrica, que por su superposición dan lugar a la tensión variable del ciclo considerado, la fatiga se produce por la acción de la última, actuando la primera simplemente como factor que reduce la capacidad de resistencia del metal.

En todo ensayo de fatiga se establece, por tanto, un valor para la tensión estática σ_m y se ensayan las alternativas $\pm f$ que no producen rotura hasta hallar el mayor valor, $\pm F$, que soporta el metal sin romperse.

La marcha general del ensayo se puede ajustar a las instrucciones siguientes:

Se empieza ensayando una tensión aproximada al límite de fatiga, reducida normalmente de una fórmula empírica, y se determina si con esta tensión la probeta se rompe o no en la duración prescrita para el límite de fatiga. Inmediatamente se ensaya otra probeta con la tensión necesario para promediar el límite desconocido de fatiga, entre márgenes de 8 kgf/mm², con la tensión ya ensayada.

Con los resultados obtenidos se ensaya una nueva tensión, promediando con márgenes de 4 kgf/mm², y seguidamente otra, para promediar a 2 kgf/mm².

Terminado este último ensayo, el límite de fatiga estará comprendido entre dos tensiones de los ensayados que difieren 2 kgf/mm² entre sí, por lo que se podrá aceptar el promedio con suficiente exactitud. Si se desea mayor precisión, puede realizarse un nuevo ensayo de fatiga con esta tensión media, y entonces el límite de fatiga quedará promediado entre dos tensiones que difieren 1 kgf/mm², tomándose la mayor de ellas que no produzca rotura.

Normalmente bastan tres o cuatro ensayos para determinar el límite de fatiga con una aproximación aceptable.

5. Curva de fatiga o de Wöhler

La curva de fatiga está formada por los puntos que representan la duración N del metal para cada tensión $\pm f$ ensayada. Se traza tomando en ordenadas los valores de f y en abscisas la duración N , en millones de ciclos, hasta la rotura.

Continúa

Grupo 2

Instituto Nacional de Reconstrucción del Trabajo - Madrid - Serrano, 150 - Teléfono 33.40.06. Reproducción prohibida.

Este documento forma parte de la biblioteca de UNIVERSIDAD POLITÉCNICA VALENCIA. HEMEROTECA

Imagen 5.12. Norma UNE 7 118 Clases y ejecución de los ensayos de fatiga de los materiales metálicos.

Junio 2011

TÍTULO	<p>Materiales metálicos</p> <p>Ensayo de flexión por choque con péndulo Charpy</p> <p>Parte 1: Método de ensayo</p> <p>(ISO 148-1:2009)</p> <p><i>Metallic materials. Charpy pendulum impact test. Part 1: Test method. (ISO 148-1:2009).</i></p> <p><i>Matériaux métalliques. Essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy. Partie 1: Méthode d'essai. (ISO 148-1:2009).</i></p>
CORRESPONDENCIA	<p>Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN ISO 148-1:2010, que a su vez adopta la Norma Internacional ISO 148-1:2009.</p>
OBSERVACIONES	<p>Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE 7475-1:1992.</p>
ANTECEDENTES	<p>Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 7 <i>Ensayos de materiales</i> cuya Secretaría desempeña ESCUELA UNIVERSITARIA DE ARQUITECTURA TÉCNICA.</p>

Edición e impresión por AENOR
Deposito legal: M 2-4909-2011
© AENOR 2011
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:
AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación
Calletera, 6
28004 MADRID-España
info@aenor.es
www.aenor.es

32 Páginas
Grupo 20

Este documento forma parte de la biblioteca de UNIVERSIDAD POLITÉCNICA VALENCIA-HEMEROTECA

Imagen 5.13. Normativa ISO 148-1:2009 Materiales metálicos. Ensayo de flexión por choque con péndulo Charpy.

5.5 Caracterización

5.5.1 Metalografía

Las muestras siguientes han sido tomadas con un microdurómetro Shimadzu. Se ha realizado fotos a la zona de fallas en las probetas

5.5.2. Probetas de resiliencia

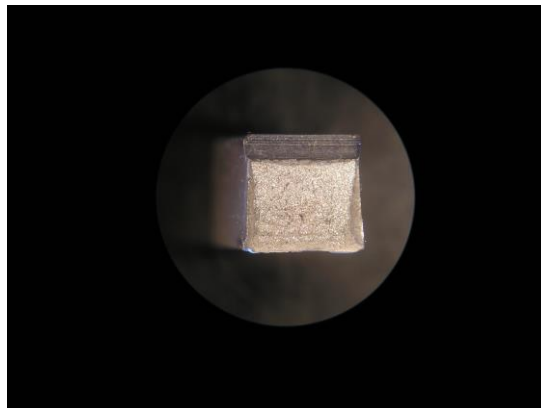


Imagen 5.14. Probeta en estado de estriado en frío

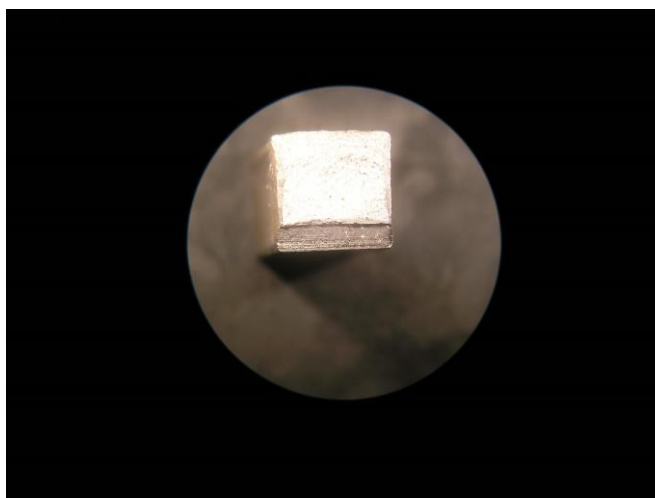


Imagen 5.15. Probeta cementada templada y revenida

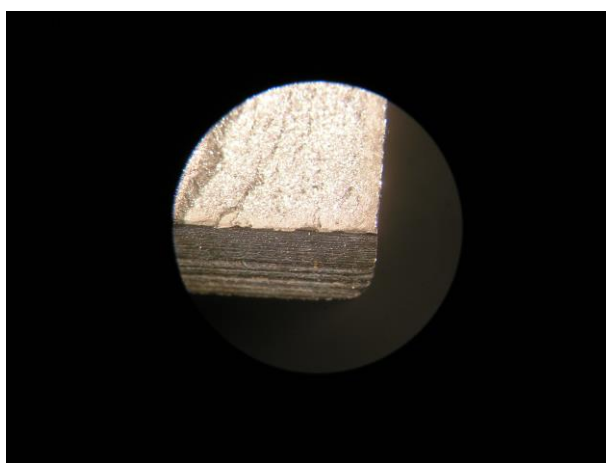


Imagen 5.16. Probetas cementadas templadas y revenidas.

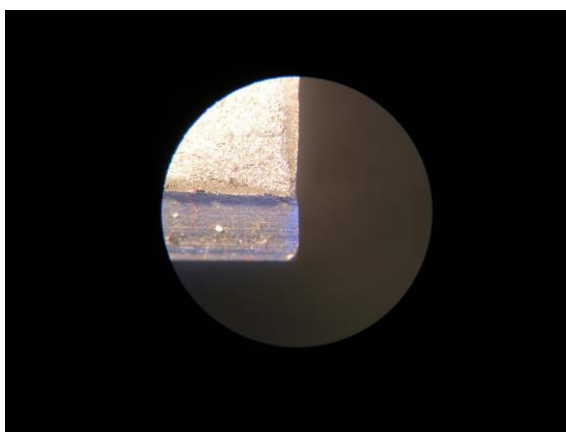


Imagen 5.17. Probeta cementada templada y revenida.

5.5.3. Probetas de tracción

Probeta en estado de estriado en frío

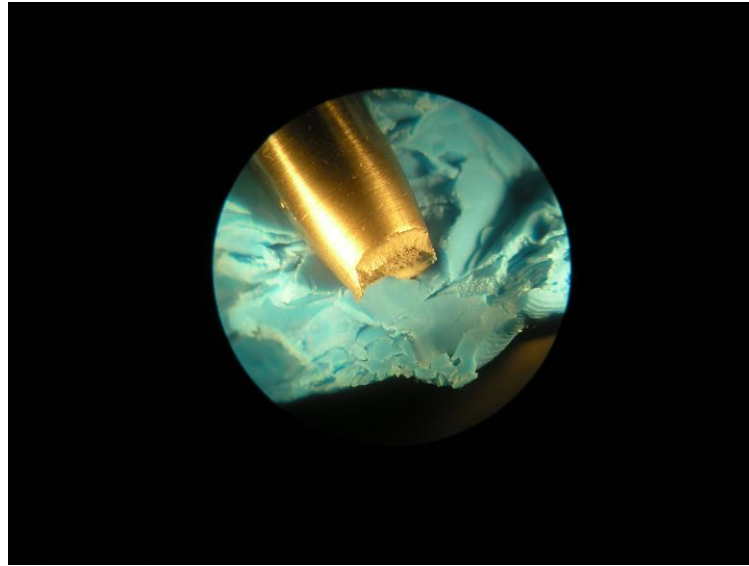


Imagen 5.18. Probeta en estado de estriado en frío

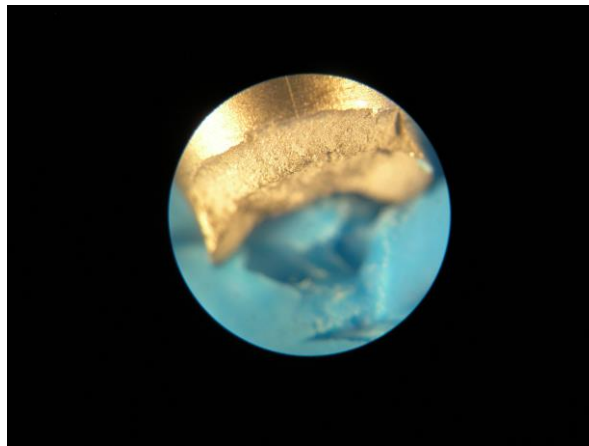


Imagen 5.19. Probeta en estado de estriado en frío

5.6. Ensayo de durezas

Se analizan las durezas en las probetas de resiliencia, una vez las probetas están rotas. Se utilizan dos unidades de medida diferentes. La probeta en estriado en frío, se analiza con ensayo Rockwell B y las probetas cementadas con ensayo Rockwell C. Se convierten las medidas de Rockwell B y Rockwell C a Vickers. La conversión ha sido realizada con una tabla proporcionada por el grupo Schmolz + BickenBach Ag.

Dureza	
Rockwell B (HRB)	Vickers (HV)
104	280
105	290
105	290
105	290
<hr/>	
287	

Imagen 5.20. Dureza Rockwell B para probeta en estado de estriado en frío

Dureza	
Rockwell C (HRC)	Vickers (HV)
25	475
25	475
24	470
<hr/>	
268	

Imagen 5.21. Dureza en Rockwell C de la probeta cementada

Dureza	
Rockwell C (HRC)	Vickers (HV)
37	365
36	360
36	360
35	355
<hr/>	
360	

Imagen 5.22. Dureza Rockwell C para probeta cementada.

5.7. Ensayo de tracción

Se realizan cuatro ensayos a tracción y para ello se utilizan cuatro probetas. Como se ve en el apartado de muestras y preparación, dos de las probetas están en estado de estriado en frío y las otras dos cementadas.

5.7.1. Resultados

Se obtienen de los ensayos la tensión máxima (Rm), el límite elástico (Rp0,2), el alargamiento y la estricción.

En el ensayo de una probeta en estado de estriado en frío para un acero C45, los resultados son los siguientes:

$$Rm = 6975 \text{ Kg}$$

$$Rp_{0,2} = 6750 \text{ Kg}$$

$$Rm = 6975 \text{ Kg} = \frac{6975 \text{ Kg} \times 9,8 \frac{\text{N}}{\text{Kg}}}{\pi \times r^2} = \mathbf{870 \text{ Mpa}}$$

$$Rp_{0,2} = 6750 \text{ Kg} = \frac{6750 \text{ Kg} \times 9,8 \frac{\text{N}}{\text{Kg}}}{\pi \times r^2} = \mathbf{842 \text{ Mpa}}$$

$$\%A = \frac{Lf - Lo}{Lo} \times 100 = \frac{60,8 - 49,7}{49,7} \times 100 = \mathbf{22,3\%}$$

$$\%Z = \frac{So - Sf}{So} \times 100 = \frac{10 - 7,4}{10} \times 100 = \mathbf{26\%}$$

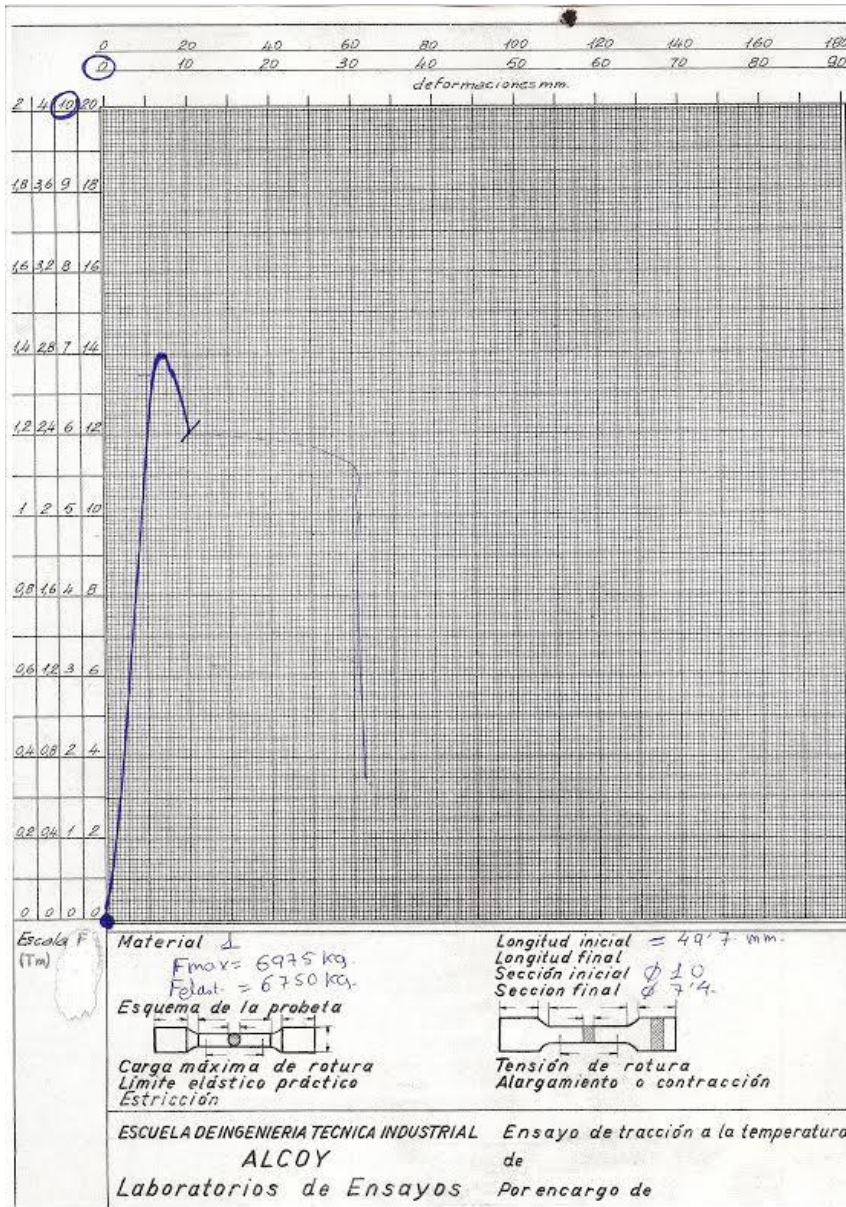


Imagen 5.23. Ensayo de tracción para probeta en estado de estriado en frío.

$$R_m = 7025 \text{ Kg}$$

$$R_m = 7025 \text{ Kg} = \frac{7025 \text{ Kg} \times 9,8 \frac{\text{N}}{\text{Kg}}}{\pi \times r^2} = 876 \text{ Mpa}$$

$$R_{p0,2} = 6700 \text{ Kg}$$

$$R_{p0,2} = 6700 \text{ Kg} = \frac{6700 \text{ Kg} \times 9,8 \frac{\text{N}}{\text{Kg}}}{\pi \times r^2} = \mathbf{836 \text{ Mpa}}$$

$$\%A = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100 = \frac{60,5 - 49,4}{49,4} \times 100 = \mathbf{22,4\%}$$

$$\%Z = \frac{S_o - S_f}{S_o} \times 100 = \frac{10 - 8}{10} \times 100 = \mathbf{20\%}$$

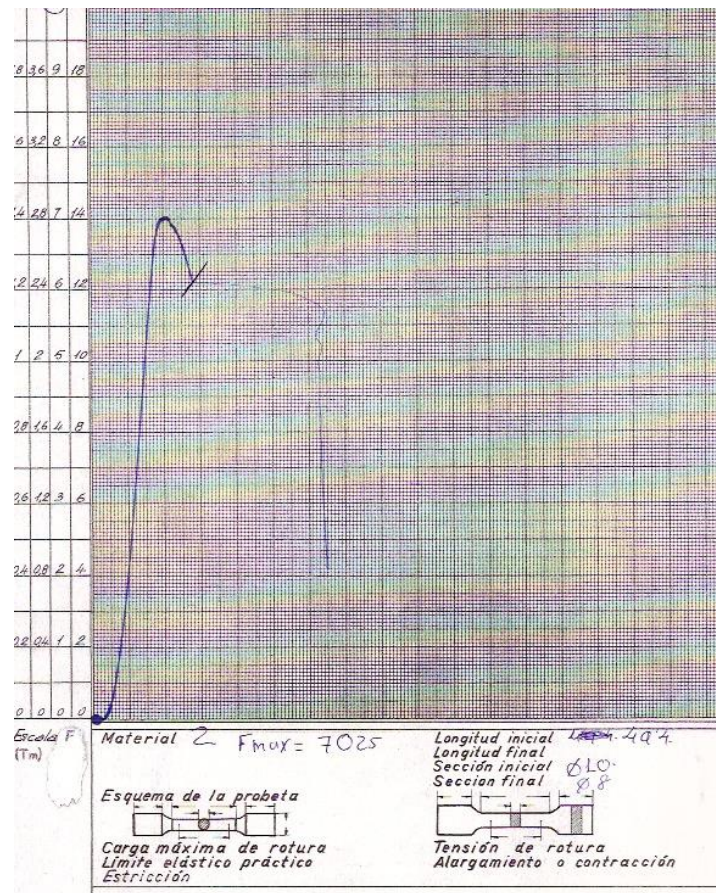


Imagen 5.24. Ensayo de tracción para probeta en estado de estriado en frío.

$$R_m = 5950 \text{ Kg}$$

$$R_m = 5950 \text{ Kg} = \frac{5950 \text{ Kg} \times 9,8 \frac{\text{N}}{\text{Kg}}}{\pi \times r^2} = \mathbf{742 \text{ Mpa}}$$

$$R_{p0,2} = 3200 \text{ Kg}$$

$$R_{p0,2} = 3200 \text{ Kg} = \frac{3200 \text{ Kg} \times 9,8 \frac{\text{N}}{\text{Kg}}}{\pi \times r^2} = 399 \text{ Mpa}$$

$$\%A = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100 = \frac{65,5 - 48,5}{48,5} \times 100 = 35\%$$

$$\%Z = \frac{S_o - S_f}{S_o} \times 100 = \frac{10 - 9,55}{10} \times 100 = 4,5\%$$

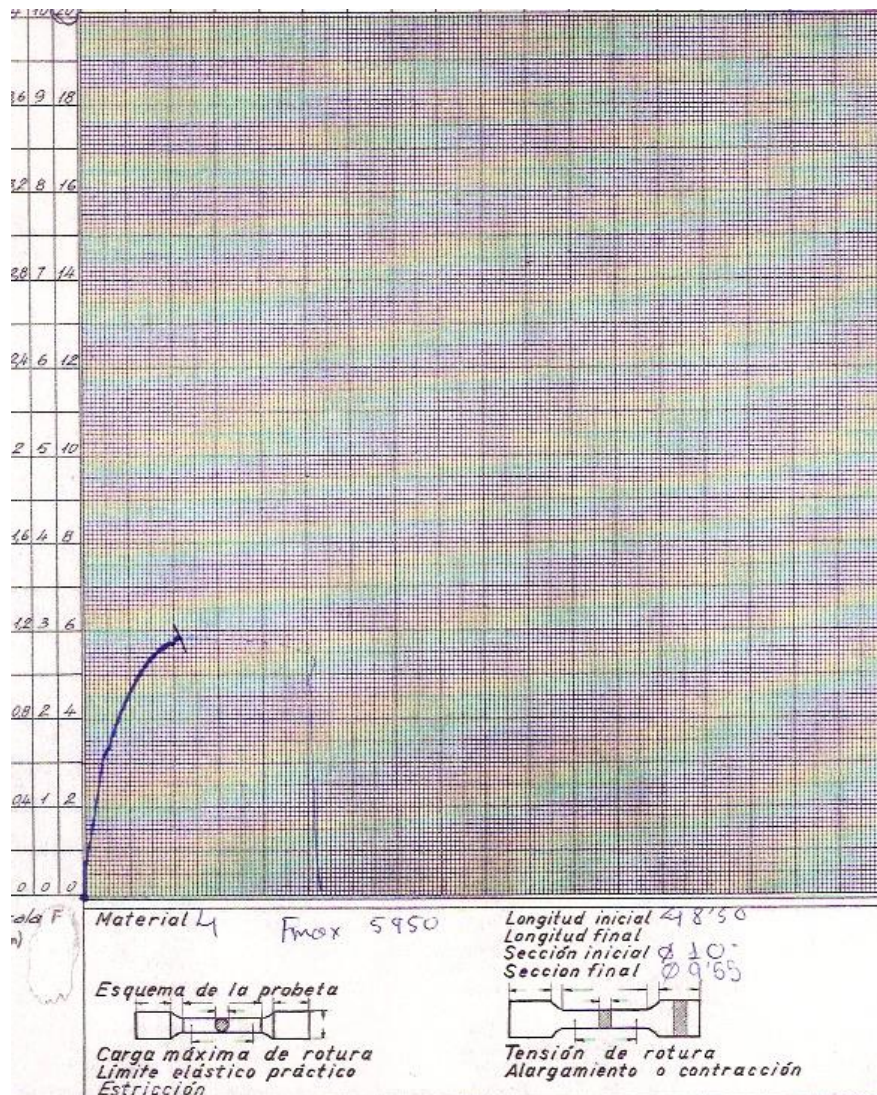


Imagen 5.25. Ensayo a tracción de probeta cementada.

Rm = 6400 Kg
Rp0,2 = 3500 Kg

$$R_m = 6400 \text{ Kg} = \frac{6400 \text{ Kg} \times 9,8 \frac{\text{N}}{\text{Kg}}}{\pi \times r^2} = \mathbf{798 \text{ Mpa}}$$

$$R_{p0,2} = 3500 \text{ Kg} = \frac{3500 \text{ Kg} \times 9,8 \frac{\text{N}}{\text{Kg}}}{\pi \times r^2} = \mathbf{436 \text{ Mpa}}$$

$$\%A = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100 = \frac{63,8 - 48,8}{48,8} \times 100 = \mathbf{30,7\%}$$

$$\%Z = \frac{S_0 - S_f}{S_0} \times 100 = \frac{10 - 9,9}{10} \times 100 = \mathbf{1\%}$$

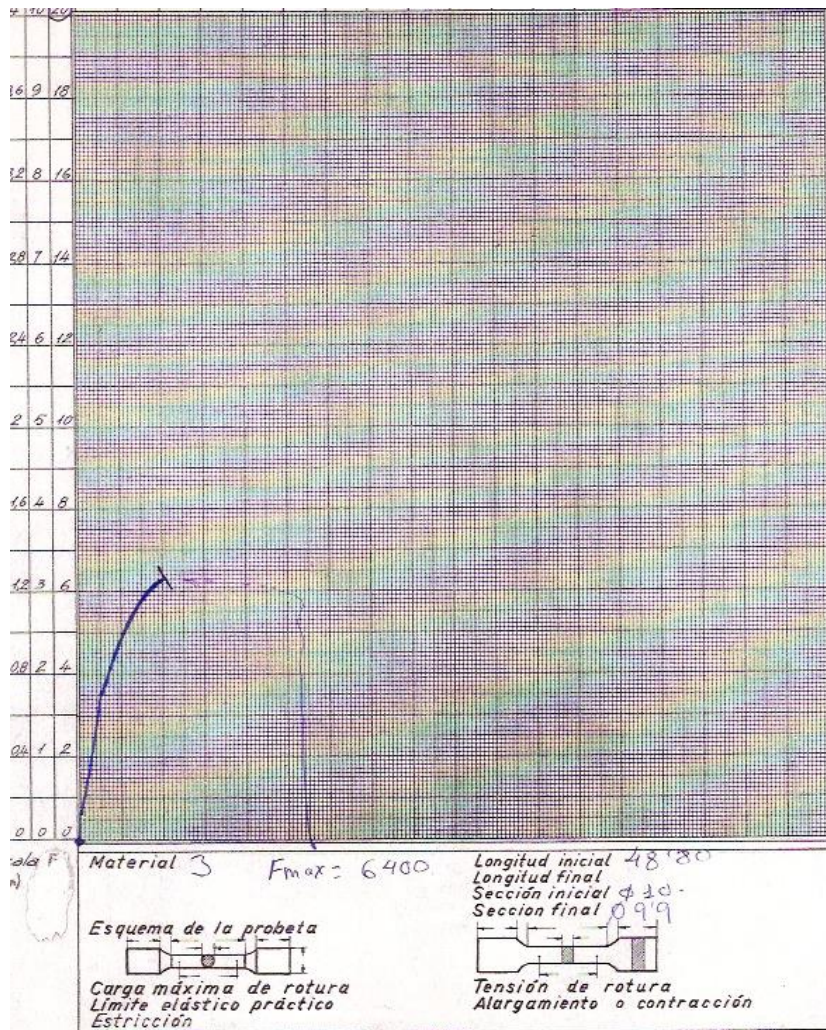


Imagen 5.26. Ensayo a tracción de probeta cementada.

5.7.1.1. Tabla de los resultados

Ensayos de tracción					
Probeta	Límite elástico (Mpa)	Tensión de rotura (Mpa)	Alargamiento (%)	Estricción (%)	
1. no cementada	842	870	22,3	26	
2. no cemenada	836	876	22,4	20	
3.cementada	742	399	35	4,5	
4.cementada	798	436	30,7	1	

Imagen 5.27. Tabla comparativa de los resultados de los ensayos de tracción.

5.8. Ensayo de resiliencia

Solo son efectivas cuatro de las ocho probetas realizadas para los ensayos de resiliencia. Las cuatro probetas que no tienen entalla, no se rompen con el péndulo charpy.

5.8.1. Resultados

Probeta 1.

Probeta en estado de estriado en frío y con entalla.

$$\text{Trabajo absorbido} = 3\text{Kg} \cdot \text{m}$$

$$\text{Resiliencia} = \frac{\text{Trabajo absorbido} \times \frac{9.8 \text{ Julios}}{\text{Kg} \cdot \text{m}}}{\text{Sección}} = 36,26 \frac{\text{Julios}}{\text{cm}^2}$$

Probeta 2

Probeta con entalla, en estado de estriado en frío.

$$\text{Trabajo absorbido} = 3\text{Kg} \cdot \text{m}$$

$$\text{Resiliencia} = \frac{\text{Trabajo absorbido} \times \frac{9.8 \text{ Julios}}{\text{Kg} \cdot \text{m}}}{\text{Sección}} = 36,26 \frac{\text{Julios}}{\text{cm}^2}$$

Probeta 3

Probeta con entalla, cementada.

$$\text{Trabajo absorbido} = 1 \text{Kg} \cdot \text{m}$$

$$\text{Resiliencia} = \frac{\text{Trabajo absorbido} \times \frac{9.8 \text{ Julios}}{\text{Kg} \cdot \text{m}}}{\text{Sección}} = 12,25 \frac{\text{Julios}}{\text{cm}^2}$$

Probeta 4

Probeta con entalla, cementada.

$$\text{Trabajo absorbido} = 0,6 \text{Kg} \cdot \text{m}$$

$$\text{Resiliencia} = \frac{\text{Trabajo absorbido} \times \frac{9.8 \text{ Julios}}{\text{Kg}\cdot\text{m}}}{\text{Sección}} = 7,84 \frac{\text{Julios}}{\text{cm}^2}$$

5.8.1.1. Tabla de resultados

Ensayos de resiliencia		
Probeta	Trabajo Absorbido (Kg·m)	Resiliencia (Julios/cm ²)
1. no cementada	3	36,26
2.no cementada	3	36,26
3. cementada	1	12,25
4. cementada	0,6	7,84

Imagen 5.28. Tabla comparativa de los resultados de los ensayos de resiliencia.

5.9. Ensayo a fatiga

Mediante el artículo con título “*Comportamiento a fatiga de un acero SAE 1022, recubierto con capa carburada, obtenido por cementación sólida*”, como responsable Ing. Freddy Cori Nina y obtenido en la revista “*Ciencia y desarrollo*”, se observa como aumenta el límite a fatiga de un acero cementado a un acero en estado de estriado en frío.

La curva verde-azulada, determina unos ensayos de fatiga, realizados a diferentes presiones para un acero SAE 1022 en estado de estriado en frío. La curva rosa, determina ensayos de fatiga, realizados a diferentes tensiones, para un acero SAE 1022 cementado. Según la norma UNE-EN 10027-1:2006 Sistema de designación de aceros se denomina C22R.

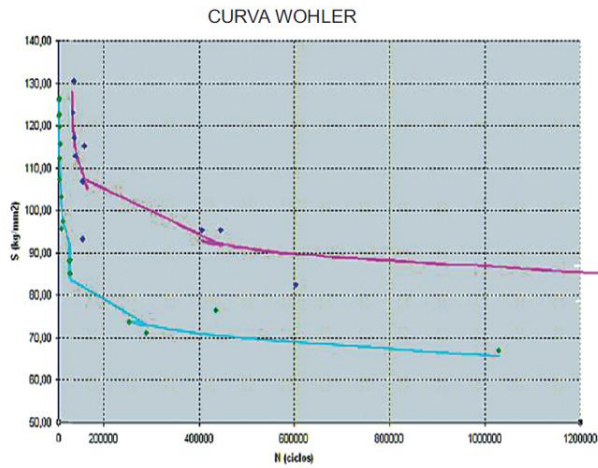


Imagen 5.29. Curvas de Wohler para un acero SAE 1022 cementado y un acero SAE 1022 estriado en frío.

5.9.1. Probeta ensayo a fatiga

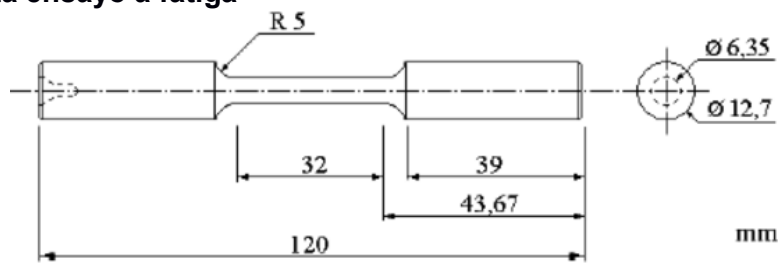


Imagen 5.30. Probeta para el ensayo de fatiga según la norma ASTM 370.

6 Diseño y cálculo de la acción

6.1. Hipótesis de carga

6.1.1. Carga crítica de pandeo

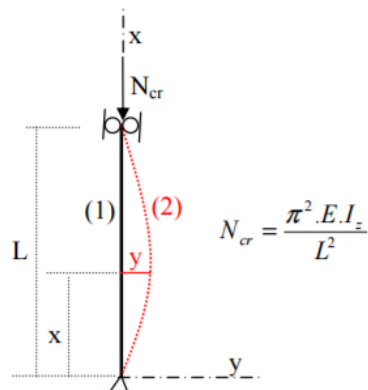


Imagen 6.1. Carga por pandeo crítico

Se analiza que tipo de estabilidad tiene la corredera por pandeo, cuando se acerroja. La corredera puede ser un elemento esbelto y por eso se analiza el sistema a pandeo. Para estudiar el sistema, se simplifica el caso. Se considera el cilindro de la corredera, como un cilindro uniforme. El análisis es considerado para un sistema empotrado, donde N es $\frac{1}{2}$. Se considera que la fuerza que se realiza para acerrojar el sistema es de 4Kg.

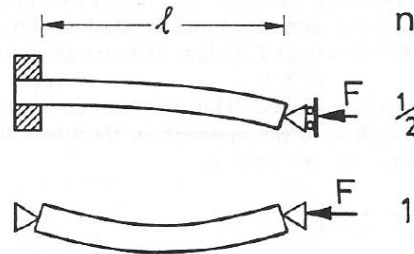


Imagen 6.2. N para una carga empotrada.

$$F_{CRIT} = \frac{n^2 \pi^2 E I}{l^2}$$

Imagen 6.3. Fórmula para calcular la fuerza crítica de pandeo.

Donde E el Módulo de elasticidad es $436 \cdot 10^6$ Pa, I el Momento de inercia (m^4), L la longitud del cilindro (0,117 m). r es el radio del cilindro uniforme y macizo (0,0088 m)

$$I = \frac{1}{4} \pi \times r^4 = 4,7 \times 10^{-9} m^4$$

$$F_{crit} = \frac{\left(\frac{1}{2}\right)^2 \times \pi^2 \times E \times I}{l^2} = 36,9 Kg$$

La Fcrit de pandeo para un cilindro macizo con longitud l es de 36,9Kg. La fuerza realizada para acerrojar el sistema es de 4Kg.

6.2. Acción- Reacción del disparo.

Sabiendo a qué velocidad es disparada la bala, podemos calcular la presión ejercida por el disparo en la culata de la corredera. Toda esta presión ejercida por el disparo, es soportada por el sistema.

El sistema de análisis está compuesto por asientos y tetones. Los asientos ejercen una fuerza de compresión sobre los tetones y viceversa. De la misma manera los asientos ejercen una fuerza cortante sobre los tetones y viceversa. De esta manera, el sistema de tensiones queda en equilibrio.

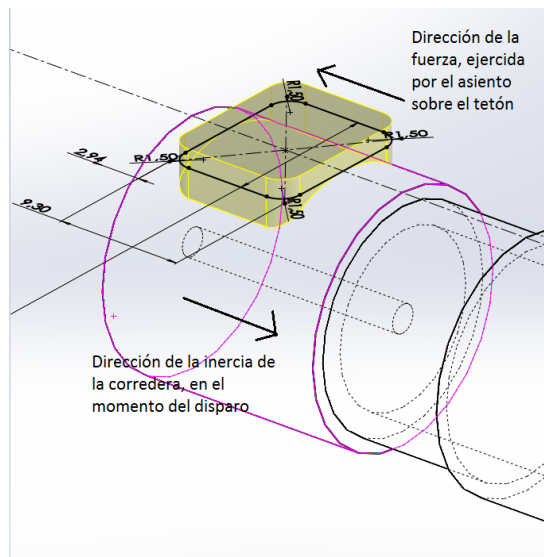


Imagen 6.3. Dirección que tienen las fuerzas sobre los tetones en el momento del disparo.

La corredera tiene una fuerza de inercia, después del disparo en la dirección señalada en la imagen. Los asientos tienen la función de fijar los tetones e impedir que la corredera avance. Por lo tanto los asientos ejercen una fuerza paralela e inversa a la inercia de la corredera. Es esta fuerza paralelamente inversa la da lugar al fenómeno de cortadura. También se produce compresión en la superficie donde el tetón y el asiento tienen contacto. Se ejerce una presión de un elemento contra otro mutua.

Se realiza una simulación en Ansys, donde se enseña en que puntos están la mayor concentración de tensiones y la deformación que se produce. Para demostrar la deformación, se utilizan dos escalas. Una escala 1:1, donde no se aprecia la deformación y una escala 41000 :1 donde se aprecia.

Los 4 Kg de fuerza ejercidos por el disparo, con debido a la hipótesis, divididos en 2kg de fuerza para cada tetón. Dividiendo fuerza por sección, se obtiene la tensión media que se produce en los tetones como en los asientos a compresión y cortadura. La superficie curva de la base del tetón que engancha con la soldadura, es en la zona donde se produce el esfuerzo a cortadura. La superficie sobre la que se calcula la compresión es sobre la superficie lateral que tiene contacto con el asiento. Se considera en la simulación que un tetón soporta los 4 Kg de carga.

Los cálculos de áreas han sido obtenidos con el programa de elementos finitos Ansys.

6.3. Simulación Ansys

Con la simulación en Ansys, se simulan las cargas en el momento del disparo. El límite elástico $R_{p0,2}$ introducido dentro del programa de elementos finitos Ansys es de 436 Mpa y la tensión máxima R_m es de 798 Mpa. Estos son los valores obtenidos en los ensayos de tracción para la probeta cementada.

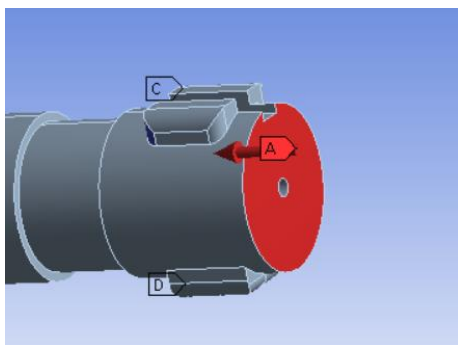


Imagen 6.4. Distribución de fuerzas

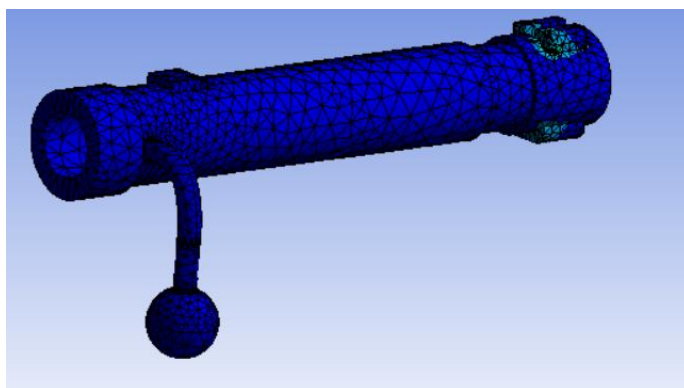


Imagen 6.5. Deformación por los esfuerzos a escala 1:1

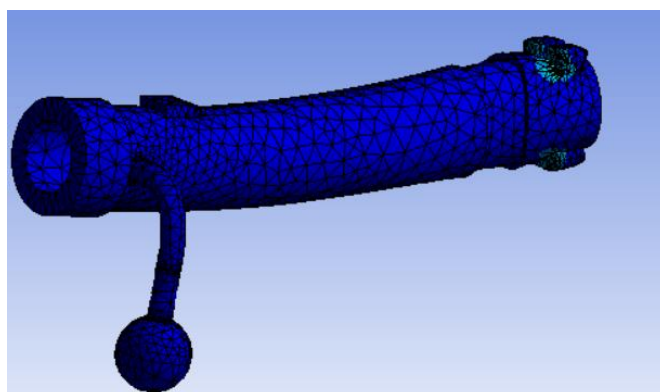


Imagen 6.6. Deformación por esfuerzos a escala 41000:1

	Time [s]	<input checked="" type="checkbox"/> Minimum [Pa]	<input checked="" type="checkbox"/> Maximum [Pa]
1	1,	7,0803e-005	2,2468e+007

Imagen 6.7. Resultado de la tensión a compresión máxima analizada con el programa de elementos finitos Ansys. La tensión a compresión máxima es de 22,4 Mpa (σ).

	Time [s]	<input checked="" type="checkbox"/> Minimum [Pa]	<input checked="" type="checkbox"/> Maximum [Pa]
1	1,	4,0658e-005	1,2916e+007

Imagen 6.8. Resultados de la fuerza cortante en Ansys. Fuerza cortante máxima obtenida con la simulación es de 12 Mpa ($T_{\text{máx}}$).

	Time [s]	<input checked="" type="checkbox"/> Minimum	<input checked="" type="checkbox"/> Maximum
1	1,	1,e+006	1,e+006

Imagen 6.9. Límite a fatiga de 1000000 disparos para una tensión máxima a compresión de 22,4 Mpa.

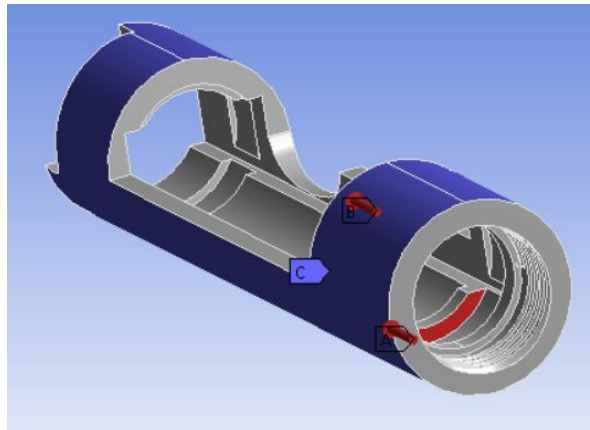


Imagen 6.10. Distribución de fuerzas para el armazón en Ansys

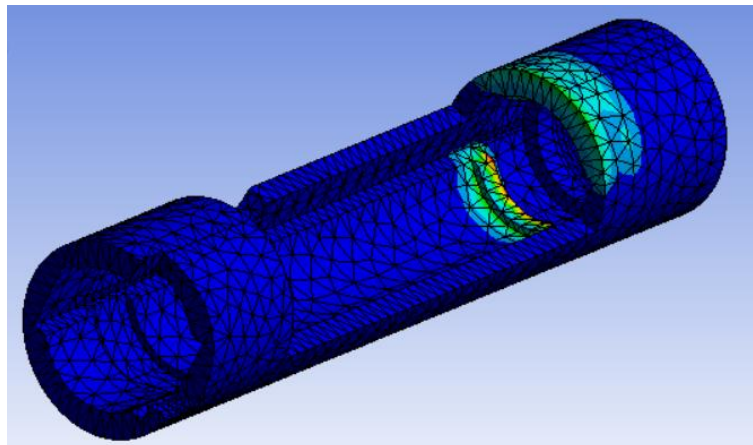


Imagen 6.11. Deformación por esfuerzos a escala 1:1

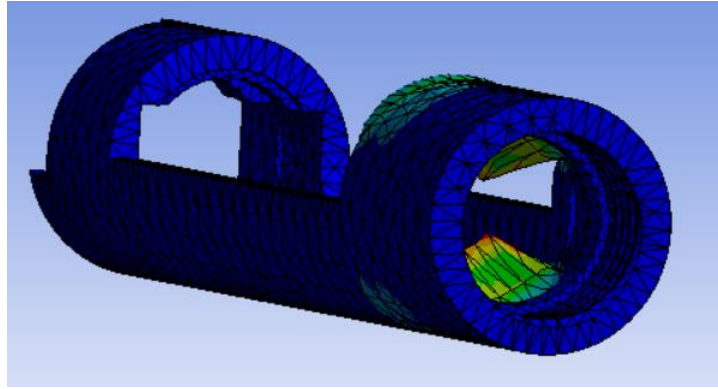


Imagen 6.12. Deformación por esfuerzos a escala 82000:1

	Time [s]	Minimum [Pa]	Maximum [Pa]
1	1,	7,3801e-010	6,0082e+006

Imagen 6.13. Resultados de la tensión total en el armazón con el programa de elementos finitos Ansys. La máxima tensión en el armazón a compresión es de 6 Mpa.(σ)

	Time [s]	Minimum [Pa]	Maximum [Pa]
1	1,	4,2601e-010	3,4617e+006

Imagen 6.14. Resultado de la tensión cortante máxima analizada con Ansys. $\tau_{\text{máx}} = 3,5$ Mpa.

	Time [s]	Minimum	Maximum
1	1,	1,e+006	1,e+006

Imagen 6.15. El límite a fatiga es de 1000000 disparos para una tensión a compresión máxima de 6Mpa.

6.3.1. Carga estática

Se sabe que la bala sale una velocidad del cañón de 632

Se calculan los esfuerzos a compresión y a cortadura realizados tanto en los tetones como en los asientos. Se considera que de los 4 Kg de presión realizados por el disparo 2Kg

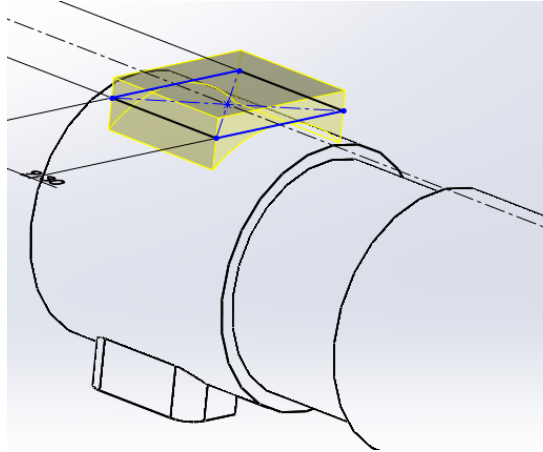


Imagen 6.16. Figura realizada con el programa de diseño 3D Solidworks, donde se aprecia el volumen del tetón.

La superficie del tetón sobre la que se ejerce un esfuerzo a compresión es de $15,25\text{mm}^2$ y la superficie que es ejercida a cortadura es de $139,5\text{mm}^2$. Se pasan los 4Kg a Newtons (40N)

$$\frac{40\text{ N}}{15,25\text{mm}^2} = 2,62\text{ Mpa}$$

Tensión a compresión en los tetones

$$\frac{40\text{ N}}{139,5\text{mm}^2} = 0,286\text{ Mpa}$$

Tensión a cortadura en los tetones

La superficie del asiento sobre el que se ejerce la fuerza compresión es de $15,25\text{mm}^2$ y la superficie del asiento sobre la que es realizado el esfuerzo cortante es de $46,7\text{mm}^2$.

$$\frac{40\text{ N}}{15,25\text{mm}^2} = 1,228\text{ Mpa}$$

Tensión a compresión en los asientos

$$\frac{40\text{ N}}{46,7\text{mm}^2} = 0,43\text{ Mpa}$$

Tensión a cortadura en los asientos

Se le aplican los coeficientes de forma y de acabado superficial sobre las tensiones obtenidas.

El coeficiente divide el radio de la curvatura, entre el espesor del saliente (r/e). En nuestro caso tanto para los tetones como para los asientos el coeficiente de forma es

6.2.2. Carga dinámica

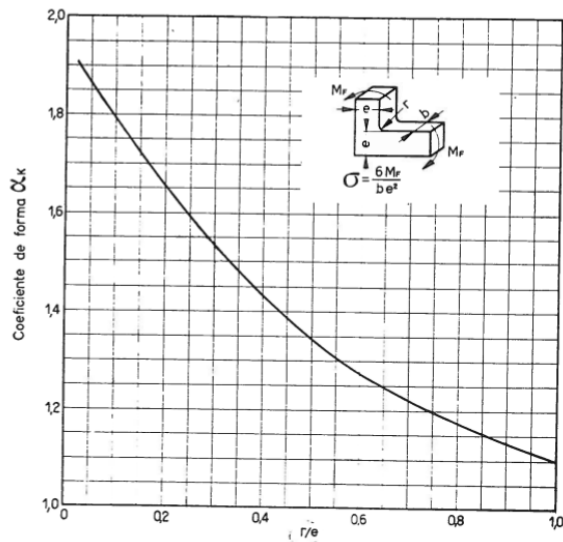


Fig. 93.—Apoyo en escuadra solicitado a flexión [6].

Imagen 6.17. Coeficiente de forma aplicado para el cálculo de concentración de tensiones.

El acabado superficial de el cerrojo Mauser es de pulido espejo. El coeficiente de acabado superficial que se aplica es 1.

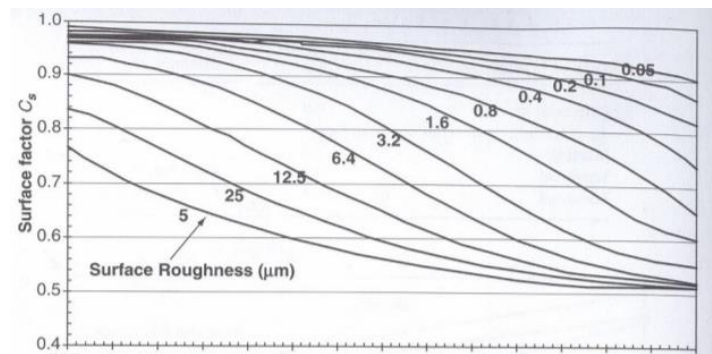


Imagen 6.18. Coeficientes de acabado superficial

Por la ejecución del disparo aumenta la temperatura en la recámara. Por incertidumbre de si este aumento de temperatura afecta a los tetones y asientos, se aplica un coeficiente de temperatura de 1,2.

Se aplican estos coeficientes sobre la mayor tensión que se ha obtenido. Esta concentración de esfuerzos ha sido estudiada para esfuerzos a compresión en la zona del tetón.

$$\tau = 2,62 \times 2 \times 1 \times 1,2 = 6,288 \text{ Mpa}$$

Se estudia el límite a fatiga para un acero C45 cementado.

Con la fórmula

$$\tau = 0,3 \frac{R + E}{2} + 3 = 0,3 \frac{798 + 436}{2} + 3 = 215,1 \text{ Mpa}$$

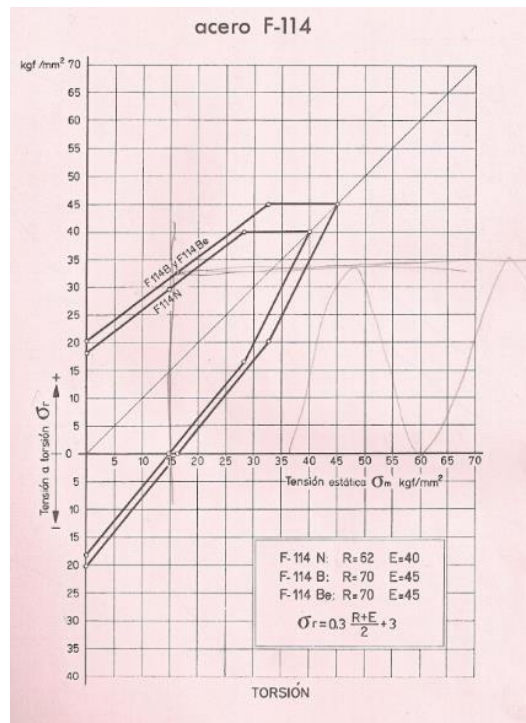


Imagen 6.17. Tensión límite a fatiga a torsión, a partir de la tensión de rotura y límite elástico.

Se calcula mediante Tresca el límite a fatiga. Límite a fatiga por tres es igual el límite elástico dividido entre 2.

$$\tau_{fatiga} = \frac{E}{2} = \frac{436}{2} = 218 \text{ Mpa}$$

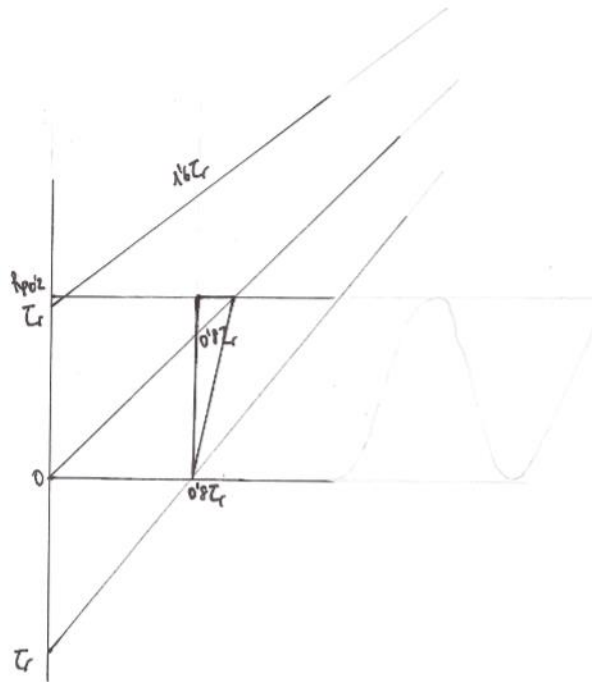


Imagen 6.18. Cálculo del rango de tensiones cortantes para un sistema pulsatorio.

6.4. Cálculo de comprobación. Seguridad de la acción.

Se obtiene el factor seguridad del cerrojo Mauser.

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{\text{fatiga}}{\sigma} = 35,03$$

7. Procesado

Las dos máquinas utilizadas para el procesado de un cerrojo son tanto el torno como la fresadora.

Con el torno y herramientas de corte que se adaptan a geometrías complejas mecaniza la mayor parte de formas. Se agarra el cerrojo con un plato de garras y se centra con un apoyo de contrapunto.

El torno lleva integrado un sistema de control numérico.



Imagen 7.1. Ordenador de control numérico integrado al torno.

Las dimensiones tanto de la corredera como del armazón son diseñados con un software CAD. Después es utilizado un software CAM que transforma el diseño gráfico en G-Code (nomenclatura que entiende el control numérico).

Dicho G-Code con la geometría de las piezas es introducido en el aparato de control numérico del torno. El torno es utilizado para realizar geometrías cilíndricas. El diseño CAD es realizado por un ingeniero externo a la empresa Atlas Armeros.

La fresadora no tiene control numérico y la empresa Atlas Armeros la utiliza de forma manual. Es utilizada para hacer los orificios o las superficies planas que tienen la corredera y el armazón.

Para el acabado superficial de la pieza tanto en los tetones como en los asientos es utilizada masilla afiladora de diamante. Se aplica esta masilla sobre los tetones, y se realiza el juego de encaje entre los tetones y los asientos. La masilla es abrasiva, y por la fricción del ajuste, va desgastando material de los asientos hasta que los dos tetones ajustan en los asientos por igual. Esta masilla corrige en el encaje de los tetones para que sea simétrico y deja un acabado superficial de pulido espejo en esa zona.

Todas las piezas tienen una tolerancia de un 0,01 milímetros, ya que el control numérico del torno tiene una tolerancia de dimensiones de centésimas de milímetro

8. Análisis de costos

El TIR, es la tasa interna de retorno. Con otras palabras, cuando se recuperará la inversión realizada.

La inversión se puede realizar para la mejora del producto o para un mayor conocimiento sobre el producto. Este proyecto se ha realizado para un mayor conocimiento del producto Las inversiones realizadas en este proyecto han sido las siguientes:

8.1 Coste de fabricación de las probetas

Cada probeta de resiliencia cuesta 30€ de fabricar, mientras que cada probeta de tracción cuesta 60 €. Esto hace un coste total de 480 €

Gastos realizados				
Coste de probeta de resiliencia (€)	Nº probetas de resiliencia	Coste por probeta de tracción (€)	Nº probetas de tracción	Coste total (€)
30	8	60	4	480

Imagen 8.1. Gastos realizados para la fabricación de las probetas.

8.2. Resolución TIR

En repercusión al estudio realizado, y a un mayor conocimiento del armero sobre su propio producto, el armero aumenta el 10% el precio a cada una de sus reparaciones, que tengan la falla en la zona estudiada en el proyecto. Sumando el coste de las reparaciones en la zona de los tetones y haciendo una media, la reparación media en la zona de los tetones puede costar unos 100 €. Si a los 100€ de reparación le añadimos el 10%, obtenemos un igual de 110 €. Calculando que la empresa Atlas Armeros realiza 4 reparaciones mensuales en la zona del tetón, la inversión será recuperada en 6 meses.

Los cálculos han sido los siguientes:

TIR				
Total gasto	Coste medio de reparación (€)	Media reparación (3% añadido)	No. reparaciones mensuales	Beneficio por el incremento de precio (€)

(€)					
480	100	110	8	10	

Tabla 8.2. Coste de fabricación de las probetas y beneficio por incremento de precio por el proyecto.

		TIR	
No de reparaciones hasta recuperar la inversión	Beneficio bruto por reparación (€)	Costes de fabricación (€)	No. meses
48	150	140,83	6
	Beneficio neto por reparación (€)	9,17	

Tabla 8.3. Tasa interna de retorno de la realización del proyecto (TIR). 6 meses

La inversión total, en lo que respecta a los gastos, ha sido de 480 €. La empresa Atlas Armeros aumenta un 10% el coste de la reparación media, debido al aumento de conocimientos sobre su producto. Ahora se cobran 10€ más por cada reparación, después de la inversión realizada. Harán falta 48 reparaciones, para obtener un beneficio de 480 €. Dicho beneficio será solo sobre el 10% de incremento realizado. Una vez se hayan obtenido 480 € de beneficio, solo sobre los 10 € que se ha aumentado el producto, se habrá cubierto el gasto total (480€). Esto sucederá como se ha dicho anteriormente en 6 meses. Este es el resultado de dividir las 48 reparaciones necesarias para la amortización, entre las 8 reparaciones mensuales que realiza la empresa Atlas Armeros en la zona de los tetones de sus rifles.

9. Bibliografía

Diseño en ingeniería mecánica de Sigley. 8ª Edición. Richard G. Budynas y J.Keith Nisbett. McGraw-Hill Interamericana.

Cálculo de la tensión efectiva en los esfuerzos alternos. 2ª Edición. Centro de estudios

técnicos automoción. Capítul VII.1965.

Tratamientos térmicos de los aceros. 9ª Edición. José Apraiz Barrero. CIE-DOSSAT 2000, S.L. Capítulo III.

The 1st International Automotive Heat Treating Conference. Asm

Properties and Selection: Irons, Steels, and High-Performance Alloys. 10ª Edición. ASM Internacional. Capitulo II.

10. Conclusiones

Para el cálculo a fatiga se utilizado los resultados del acero en estado de estriado en frío. Los resultados obtenidos del acero cementado, templado y revenido en los ensayos de tracción se obtienen un R_m y $R_{p0,2}$ menores a los que se obtienen en el acero en estado de estriado en frío. Esto teóricamente no debe ser así, así que como R_m y $R_{p0,2}$ del acero estriado en frío son mayores, son estos los utilizados para el cálculo de fatiga.

Razones por las que R_m y $R_{p0,2}$ del acero cementado templado y revenido sean menores que en el acero en estado de estriado en frío, pueden ser que se hayan deformado las probetas en el temple. Por consiguiente, las probetas deformadas cogidas por las garras de la máquina de ensayos de tracción, forma una desviación. Esa desviación puede ser la responsable de que las probetas hayan tenido un menor R_m y $R_{p0,2}$.

Con base en la fractura de las probetas, se puede afirmar que el acero sí que se ha endurecido después del proceso de cementado, templado y revenido. El alargamiento y la estricción en las probetas de cementado, temple y revenido, han sido menores que en las probetas de suministro. En las fotografías también se observa unas fracturas de un material duro y frágil.

Se ha obtenido un coeficiente de seguridad de 131, por lo tanto se puede decir que el rifle es suficientemente seguro con un acero C45 y que tendrá una vida útil más larga que 1000000 disparos.

Aceros de nitruración o aceros como el AISI 4010, son los más utilizados en los últimos años en el mundo armamentístico. Sobre estos aceros se aplica una nitruración. La ventaja de la nitruración, es que se realiza a 500°C , y a esa temperatura no se producen deformaciones en el acero. Al no producirse deformaciones, no se tiene que rectificar el trabajo realizado.

11. Anexos

11.1 Planos

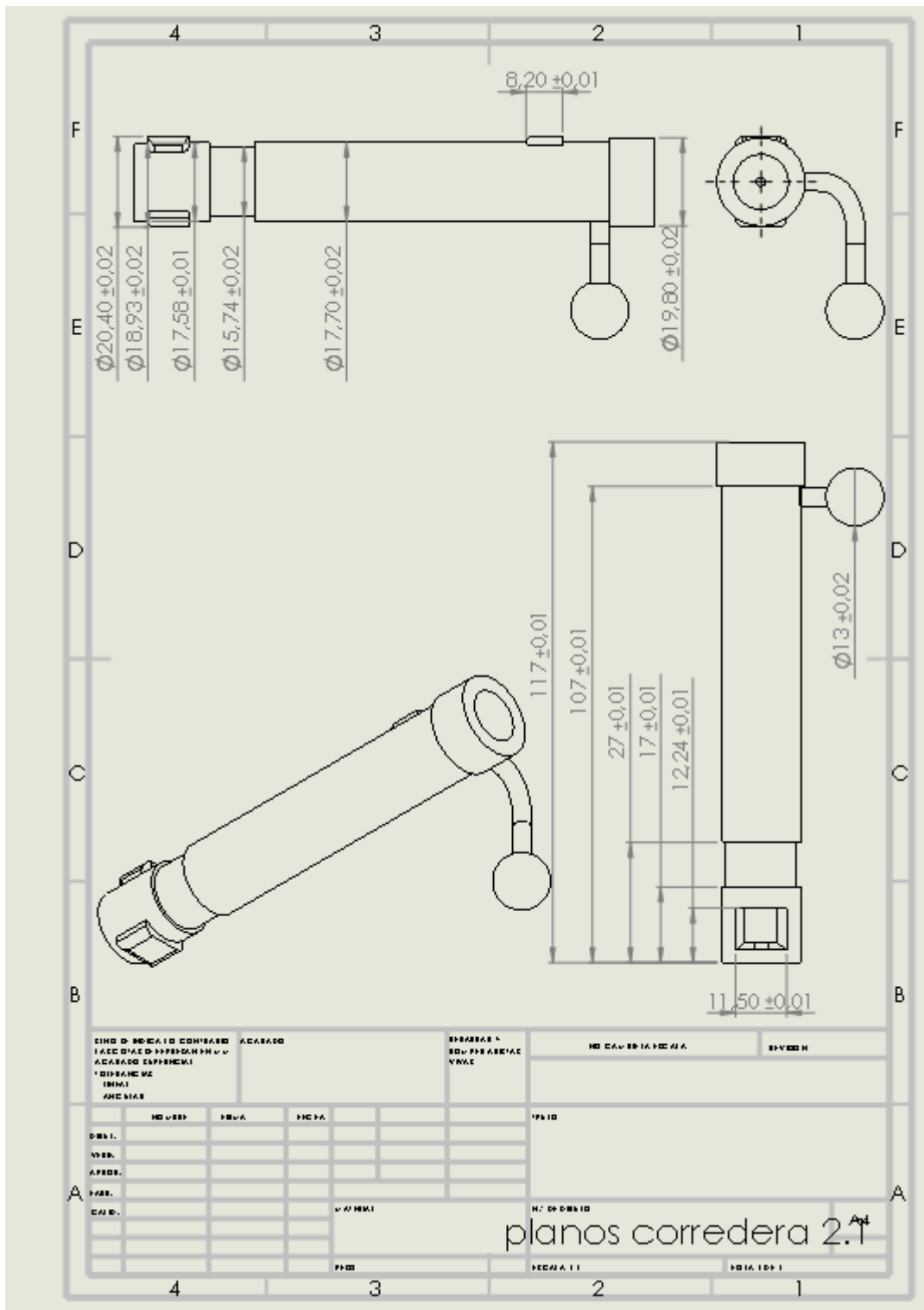


Imagem 11.1. Planos corredera

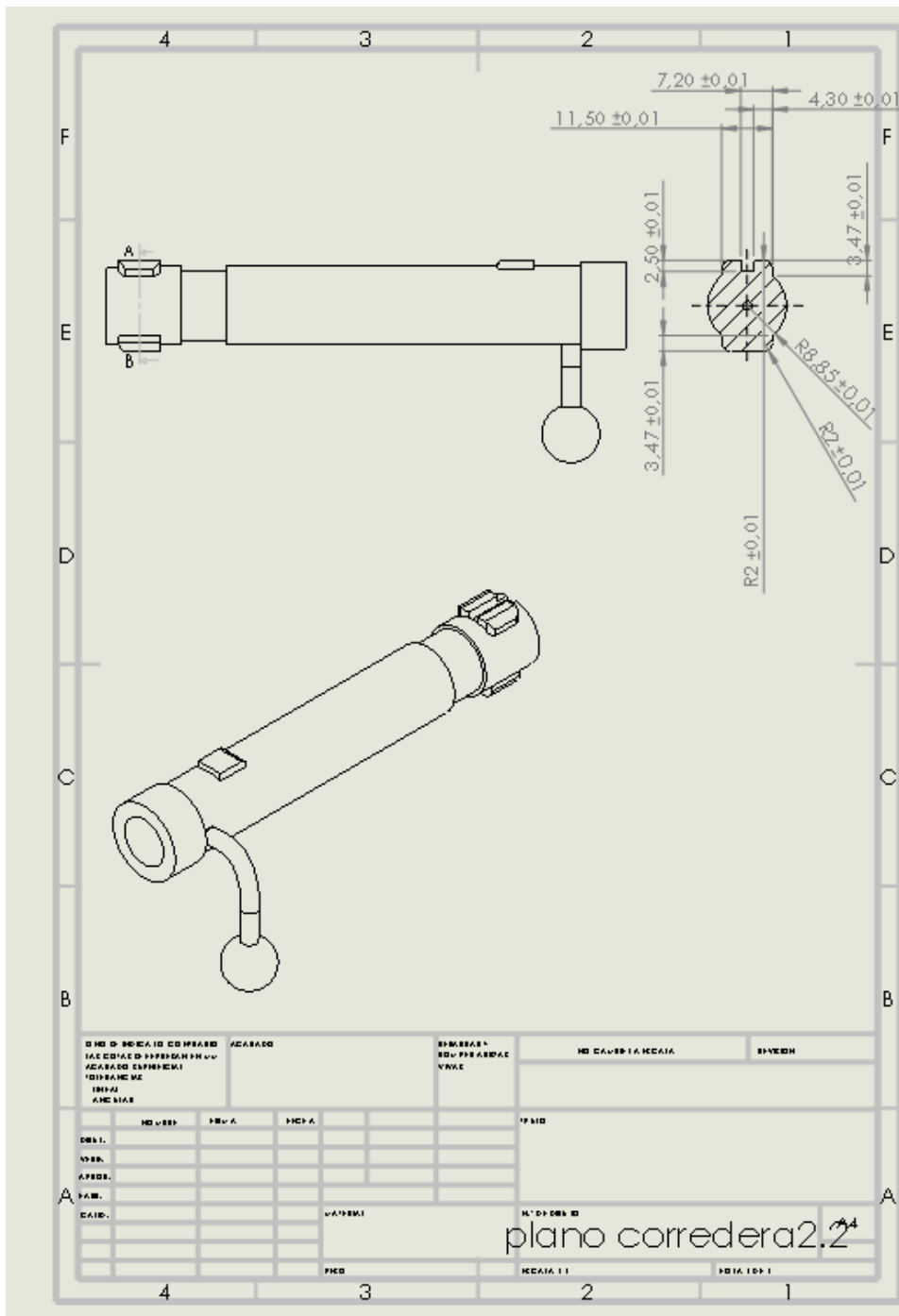


Imagen 11.2. Plano corredera

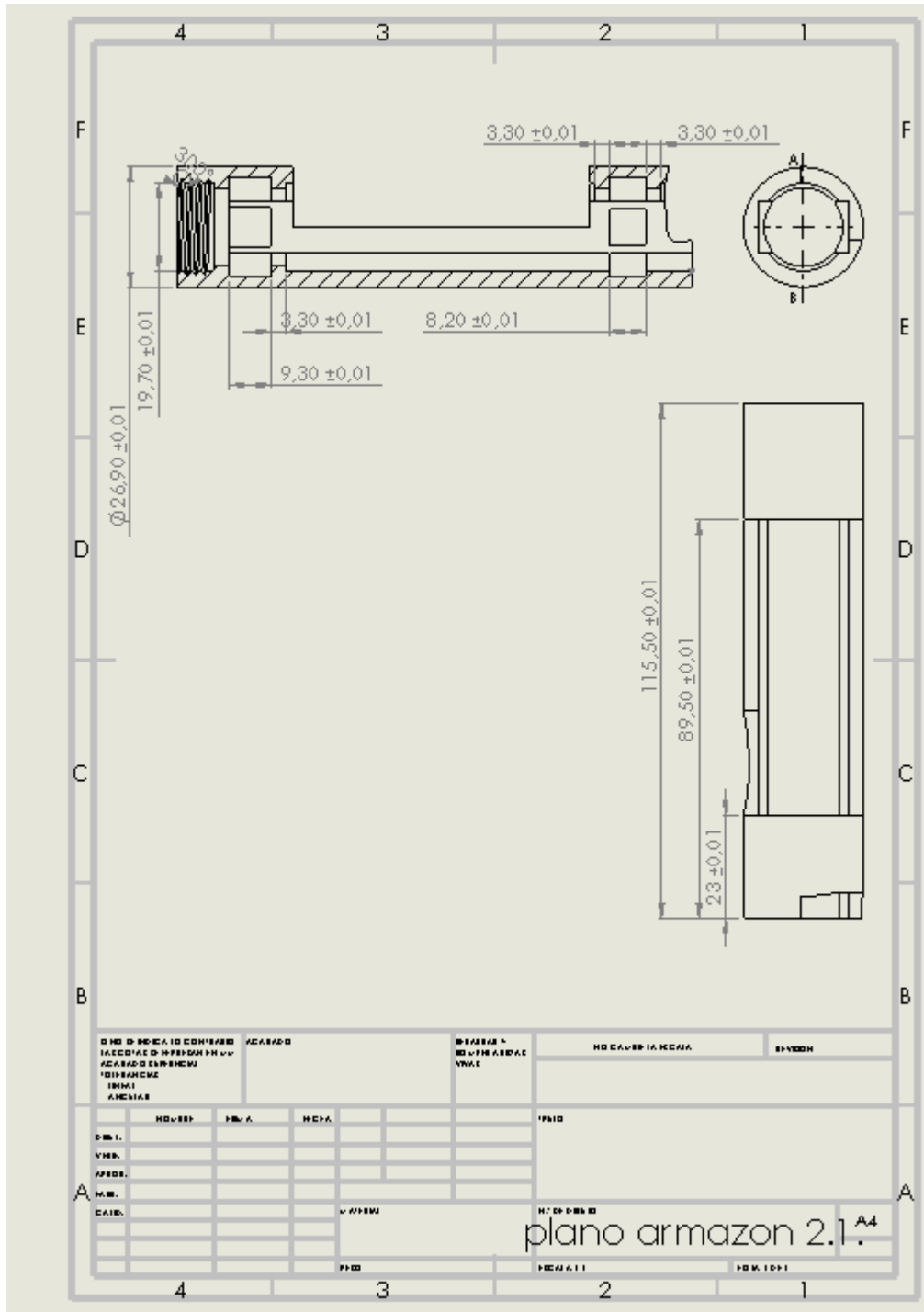


Imagen 11.3. Plano armazón.

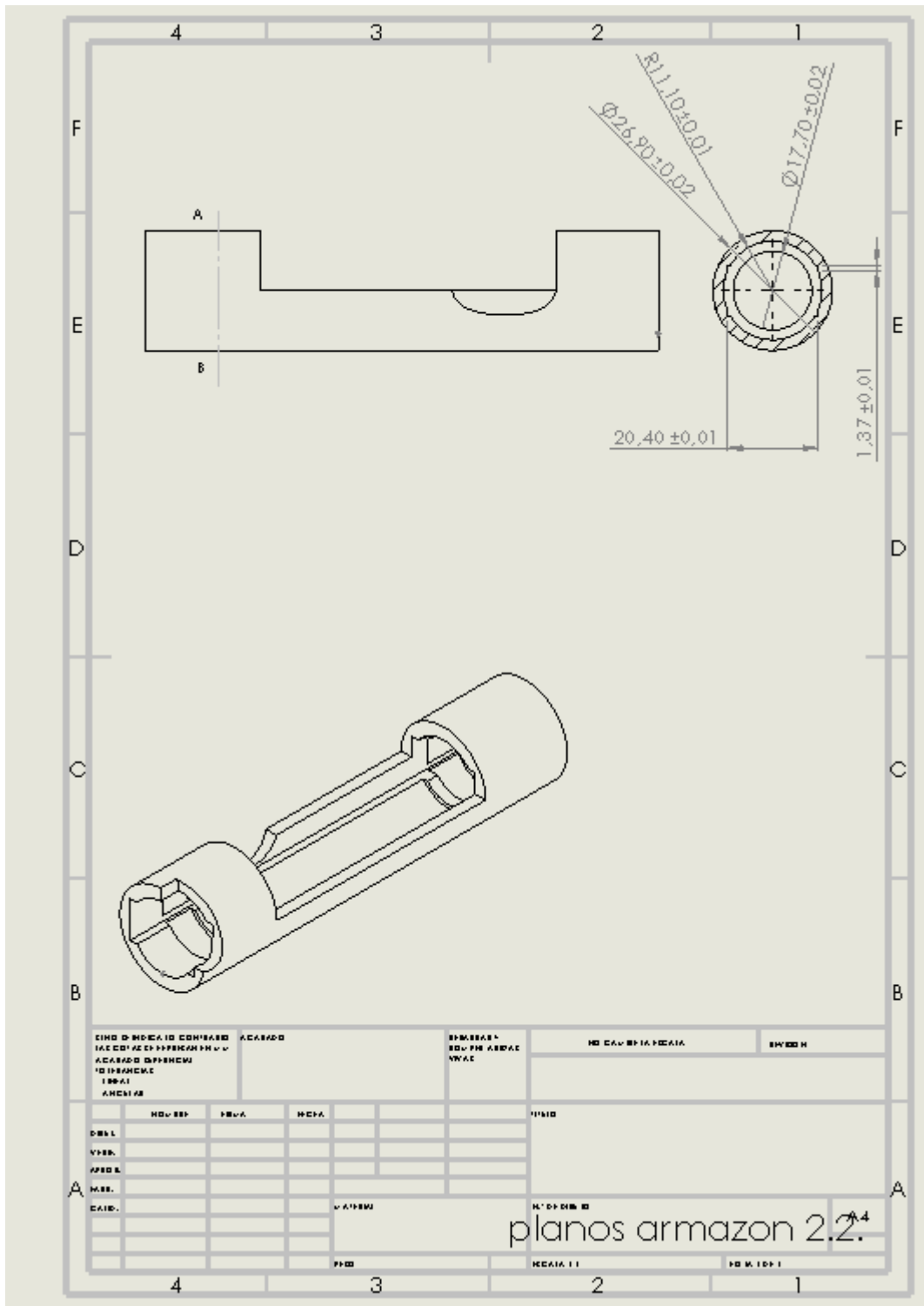


Imagen 11.4. Plano armazón.

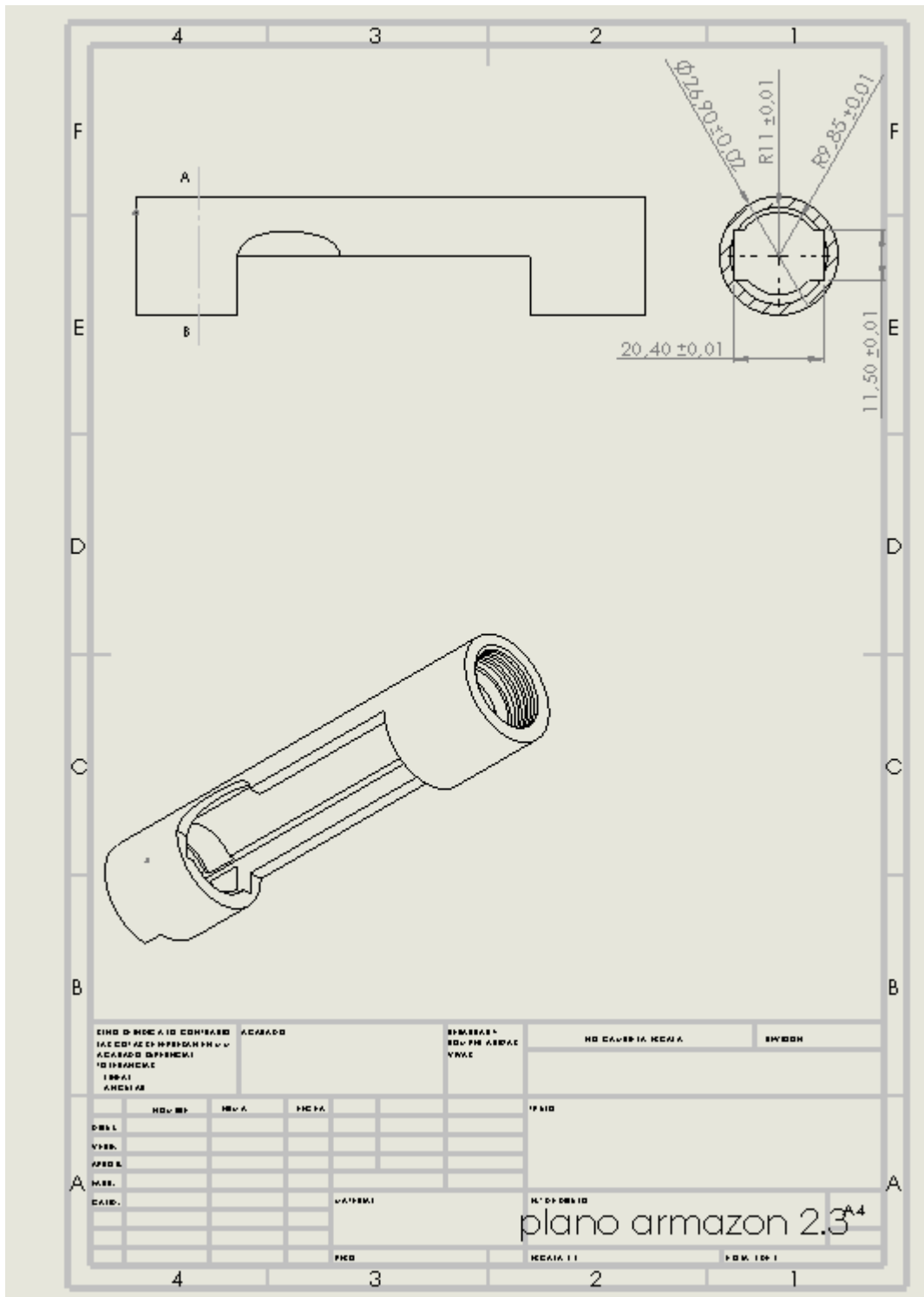


Imagen 11.4. Plano armazón