



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN DISPOSITIVO  
MARCADOR DE PROBETAS PARA LA PRUEBA DE  
TENSIÓN

# **TESIS**

Que para obtener el título de:

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

Presenta:

**JOSÉ LUÍS CRUZ MARTÍNEZ**

Asesor: M.I FELIPE DÍAZ DEL CASTILLO RODRÍGUEZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
▪ <b>Introducción</b>	1
▪ <b>Objetivos</b>	3

## **CAPÍTULO 1.**

### **LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y LA PRUEBA DE TENSIÓN**

1.1.- Propiedades mecánicas	4
1.1.1. Resistencia	6
1.1.2. Dureza	8
1.1.3. Plasticidad	10
1.1.4. Elasticidad	12
1.1.5. Tenacidad a la fractura	12
1.1.6. Fragilidad	16
1.1.7. Fluencia	16
1.1.8. Fatiga	22
1.1.9. Maleabilidad	19
1.2.La prueba de tensión	20
1.2.1. Introducción.	20
1.2.2. Que es el ensayo de tensión	20
1.2.3. La máquina para ensayo de tensión	21
1.2.4. Procedimiento	21
1.2.5. Requerimientos de la probeta	21
1.2.6. Propiedades más importantes que se pueden medir en la curva tensión deformación.	22

## **CAPÍTULO 2.**

### **DISEÑO DEL DISPOSITIVO MARCADOR DE PROBETAS**

2.1. Naturaleza del diseño mecánico	25
-------------------------------------	----

2.1.1. Conocimientos necesarios para el diseño mecánico	25
2.1.2. Pasos en el proceso de diseño	26
2.1.3. Criterios de evaluación	26
2.1.4. Materiales de diseño	28
2.2. Dibujos de conjunto y de detalle del dispositivo marcador de probetas	28
2.2.1. Vistas ortogonales dibujo de conjunto	30
2.2.2. Dibujo de despiece del marcador de probetas	31
2.2.3. Vistas ortogonales del cuerpo del marcado de probetas	32
2.2.4. Vistas ortogonales de la tapa del marcador de probetas	33
2.2.5. Vistas ortogonales del punzón del marcado de probetas	34
2.2.6. Vistas ortogonales del posicionador del marcado de probetas	35

### **CAPÍTULO 3.**

#### **FABRICACIÓN DEL DISPOSITIVO**

3.1. Fundición del cuerpo y tapa del dispositivo	36
3.1.1. Construcción del Moldeo	37
3.1.2. Diseño y fabricación del corazón	38
3.1.3. Preparación de arena para moldeo	40
3.1.4. Preparación del metal para fundir	41
3.1.5. Colada	42
3.1.6. Desmolde	42
3.1.7. Limpieza	43
3.2. Mecanizado	43
3.2.1. Maquinado de tapa y cuerpo del dispositivo	43
3.2.2. Maquinado de Punzones	46
3.2.3. Maquinado de posicionador	48
3.3. Diseño y fabricación de los resortes a compresión	48
3.4. Endurecimiento superficial	50
3.5. Recubrimiento electrolítico.	53

	<b>CAPITULO 4</b>	
	<b>RESULTADOS</b>	
4.1. Resultados		56
	<b>CONCLUSIONES</b>	59
	<b>GLOSARIO</b>	60
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	62

## DEDICATORIAS

No habría sido posible escribir esta tesis sin la ayuda y el apoyo de la gente buena a mi alrededor, a sólo algunos de los cuales es posible dar aquí una mención especial.

A mis padres y hermanos, por todo lo que me han dado en esta vida, especialmente por sus sabios consejos y por estar a mi lado en los momentos difíciles.

Me gustaría agradecer especialmente a *José Trinidad Arreguín Salinas* quien por su amabilidad, amistad y apoyo junto con los otros miembros de la fundidora que me ayudaron a llevar a cabo el presente proyecto.

A mi asesor, el profesor  
*M.I. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez*  
gracias a él esta tesis no habría sido posible con su ayuda, el apoyo y la paciencia que me brindó.

## INTRODUCCIÓN

Para conocer las propiedades mecánicas de un cierto metal, este es probado mediante el ensayo de tracción. Una muestra ó probeta es preparado y se le somete a una carga del tipo "uniaxial" (que es la fuerza aplicada en la dirección longitudinal de la probeta) por medio de un sistema mecánico de tornillos y usando una probeta normalizada que es previamente marcada mediante un dispositivo marcador de probetas el cual será diseñado y fabricado por medio de los procesos de manufactura más convenientes

- Metales laminados o perfilados.
- Metales forjados.
- Elementos metálicos unidos entre sí por medio de ensambles o soldadura.
- Maquinado de metales.
- Piezas metálicas obtenidas por fundición o colado.

Para la manufactura de éste diseño se utilizarán los dos últimos procesos mencionados maquinado de metales y fundición, ya que el procedimiento de la fundición permite obtener fácil y económicamente piezas de diversas formas y tamaños, utilizar de modo conveniente algunos metales y aleaciones cuyas características particulares no los hacen aptos para la laminación , la forja o la soldadura , por ejemplo el hierro colado.

La fundición es por lo tanto , un método de manufactura fundamental para la construcción del dispositivo , exige una amplia cultura profesional para quien se dedica a ella , pues se requiere conocimientos técnicos tan diversos como son el dibujo industrial , la mecánica de los cuerpos sólidos y fluidos, la termología, la electrotecnia, la química etc. , mucha experiencia en los recursos prácticos a los que a menudo hay que recurrir , así como capacidad especial para idear y aprovechar tales recursos .

El maquinado de las piezas será por medio de máquinas y herramientas con las que cuenta el taller mecánico de la fábrica Envases Universales, utilizándolas de la manera más eficiente para lograr obtener piezas con mayor precisión.

Estas piezas serán sometidas por ultimo a un baño de zinc (galvanizado) para lograr obtener este proceso, el cual consiste en recubrir las superficie de las piezas a través de una electro deposición de zinc, esto con la finalidad de darle mayor resistencia a la corrosión asiendo más duradero nuestro dispositivo , además de darle una apariencia mas estética.

Este tiene además como objetivo, demostrar la experiencia realizada con una probeta normalizada en donde se determinan estos cálculos y propiedades que describiremos con el desarrollo de este. Se trató de ilustrar lo más detalladamente posible, con el objeto de trasmitir conocimientos a otras personas (posibles ingenieros), la forma aproximada de realizar una importante prueba de este tipo.



# **OBJETIVOS**

## **OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar un dispositivo marcador de probetas para la prueba de tensión.
- Fabricar el dispositivo marcador de probetas lo más económico, fácil de operar y fácil de mantener, teniendo en mente sus fines didácticos.

## **OBJETIVO ESPECIFICO**

- Durante el diseño y la fabricación de este dispositivo marcador, aplicar los conocimientos teórico- prácticos adquiridos a lo largo de la carrera.

## CAPÍTULO 1.

### LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y LA PRUEBA DE TENSIÓN

#### 1.1. Propiedades mecánicas

Los metales y aleaciones son procesados en diferentes formas mediante diversos métodos de manufactura. Algunos de los procesos industriales más importantes son la fundición, la laminación, extrusión, trefilado, embutido, rolado en frío, forja, maquinado y troquelado. Cuando se aplica un esfuerzo de tensión uniaxial sobre una barra de metal, el metal se deforma elásticamente y luego plásticamente, produciendo una deformación permanente. Para muchos diseños, el ingeniero está interesado en el límite elástico al 0.2% (esfuerzo de fluencia convencional al 0.2%), la máxima resistencia a la tensión y la elongación o ductilidad del metal o aleación.

Estos valores se obtienen a partir del diagrama esfuerzo-deformación generado en un ensayo de tracción.

La dureza de un metal también puede resultar de importancia en ingeniería; comúnmente, las escalas de dureza en la industria son de los tipos: Rockwell B y C y Brinell (HB). La deformación plástica de los metales tiene lugar principalmente por el proceso de deslizamiento, que involucra un movimiento de las dislocaciones. El deslizamiento usualmente tiene lugar sobre los planos más compactos y en las direcciones compactas. La combinación de un plano de deslizamiento y una dirección de deslizamiento constituye un sistema de deslizamiento. Los metales con un alto número de sistemas de deslizamiento (Cu, Ag, Pt, Ni, Pb, Al) son más dúctiles que aquellos con sólo unos pocos sistemas de deslizamiento (Fe, Cr, V, Mo, W). Muchos metales se deforman con formación de maclas cuando el deslizamiento es difícil.

Los límites de grano a bajas temperaturas, usualmente endurecen los metales por proporcionar barreras al movimiento de las dislocaciones, sin embargo, bajo algunas condiciones de deformación a alta temperatura, los límites de grano se vuelven regiones de debilidad debido al deslizamiento del límite de grano.

Cuando un metal se deforma plásticamente por trabajo en frío, el metal se endurece por deformación produciendo un aumento en la resistencia y una disminución de la ductilidad. El endurecimiento por deformación puede eliminarse proporcionando al metal un tratamiento térmico de recocido. Cuando el metal endurecido por deformación es calentado lentamente hasta una temperatura por encima del punto de recristalización tiene lugar un proceso de recuperación, recristalización y crecimiento de grano, y el metal se ablanda. Mediante la combinación de endurecimiento por deformación y recocido, pueden conseguirse grandes reducciones en la selección de un metal sin fractura. La fractura de los metales sometidos a esfuerzos de tracción puede clasificarse según los tipos de dúctil, frágil y dúctil-frágil.

Un metal también se puede fracturar debido a la fatiga si está sometido a una tensión cíclica y por compresión de suficiente magnitud. A altas temperaturas y tensiones en un metal puede sobrevenirle termofluencia, o deformación dependiente del tiempo.

La termofluencia de un metal puede ser tan severa que ocurre la fractura del metal. Existen diversos ensayos para diagnosticar la fatiga y la falla por termofluencia de los productos manufacturados.

El comportamiento mecánico de los materiales se describe a través de sus propiedades mecánicas, que son el resultado de ensayos simples e idealizados. Estos ensayos están diseñados para representar distintos tipos de condiciones de carga. Las propiedades de un material que aparecen reportadas en diversos manuales, son los resultados de estas pruebas. En consecuencia, se debe recordar siempre que los valores de los manuales son valores promedio, obtenidos a partir de pruebas ideales y, por tanto, deberán ser utilizados con cierta precaución.

El ensayo de tensión describe la resistencia de un material a un esfuerzo aplicado lentamente. Entre las propiedades importantes están el esfuerzo de cedencia (el esfuerzo al cual el empieza a deformarse de manera permanente), la resistencia a la tensión (el esfuerzo que corresponde a la carga máxima aplicada), el módulo de elasticidad (la pendiente de la porción elástica de la curva esfuerzo-deformación), y el porcentaje de elongación, así como el porcentaje de reducción de área (siendo ambos, medidas de la ductilidad del material).

El ensayo de flexión se utiliza para determinar las propiedades a tensión de materiales frágiles. De ahí se puede obtener el módulo de elasticidad en flexión y la resistencia a la flexión similar

a la resistencia a la tensión.) El ensayo de dureza mide la resistencia de un material a la penetración y da una medida de su resistencia al desgaste y a la abrasión.

Comúnmente se utilizan varios ensayos de dureza, incluyendo los ensayos Rockwell y Brinell. A menudo la dureza se relaciona con otras propiedades mecánicas, particularmente con la resistencia a la tensión. El ensayo de impacto describe la respuesta de un material a una carga aplicada rápidamente. Los ensayos Charpy e Izod son típicos. La energía que se requiere para fracturar la probeta se mide y puede utilizarse como base de comparación de diversos materiales, probados bajo las mismas condiciones.

Además, se puede determinar una temperatura de transición por encima de la cual el material fallará de manera dúctil, en vez de fallar de manera frágil. La tenacidad a la fractura describe la facilidad con la cual se propaga una grieta o defecto en un material, por acción de una fuerza aplicada.

El ensayo de fatiga permite comprender el comportamiento de un material cuando se le aplica un esfuerzo cíclico. Propiedades importantes incluyen el esfuerzo límite para fatiga (esfuerzo por debajo del cual nunca ocurrirá la ruptura), resistencia a la fatiga (el esfuerzo máximo para que la falla ocurra en un número dado de ciclos) y la vida en fatiga (número de ciclos que resistirá un material a un esfuerzo dado). También puede ayudar a determinar la vida en fatiga el conocer la rapidez de crecimiento de las grietas en el material. El ensayo de termofluencia proporciona información sobre la capacidad de un material para soportar cargas a altas temperaturas. La rapidez de termofluencia y el tiempo de ruptura son propiedades importantes obtenidas a partir de estos ensayos.

### **1.1.1. Resistencia**

La resistencia de materiales clásica es una disciplina de la ingeniería mecánica y la ingeniería estructural que estudia los sólidos deformables mediante modelos simplificados. La resistencia de un elemento se define como su capacidad para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse de algún modo.

Un modelo de resistencia de materiales establece una relación entre las fuerzas aplicadas, también llamadas cargas o acciones, y los esfuerzos y desplazamientos inducidos por ellas. Típicamente las simplificaciones geométricas y las restricciones impuestas sobre el modo de

aplicación de las cargas hacen que el campo de deformaciones y tensiones sean sencillos de calcular.

Para el diseño mecánico de elementos con geometrías complicadas la resistencia de materiales suele ser insuficiente y es necesario usar técnicas basadas en la teoría de la elasticidad o la mecánica de sólidos deformables más generales. Esos problemas planteados en términos de tensiones y deformaciones pueden entonces ser resueltos de forma muy aproximada con métodos numéricos como el análisis por elementos finitos.

La teoría de sólidos deformables requiere generalmente trabajar con esfuerzos y deformaciones. Estos esfuerzos son representados con magnitudes (vectores) y vienen dadas sobre planos bidimensionales y tridimensionales, las que satisfacen complicadas ecuaciones diferenciales. Sin embargo, para ciertas geometrías aproximadamente unidimensionales (vigas, pilares, celosías, arcos, etc.) o bidimensionales (placas y láminas, membranas, etc.) el estudio puede simplificarse y se pueden analizar mediante el cálculo de esfuerzos internos definidos sobre una línea o una superficie en lugar de tensiones definidas sobre un dominio tridimensional. Además las deformaciones pueden determinarse con los esfuerzos internos a través de cierta hipótesis cinemática. En resumen, para esas geometrías todo el estudio puede reducirse al estudio de magnitudes alternativas a deformaciones. El esquema teórico de un análisis de resistencia de materiales comprende:

- Hipótesis cinemática que establece como serán las deformaciones o el campo de desplazamientos para un determinado tipo de elementos bajo cierto tipo de sollicitudes. Para piezas prismáticas las hipótesis más comunes son la hipótesis de Bernoulli-Navier para la flexión y la hipótesis de Saint-Venant para la torsión.
- Ecuación constitutiva que establece una relación entre las deformaciones o desplazamientos deducibles de la hipótesis cinemática y las tensiones asociadas. Estas ecuaciones son casos particulares de las ecuaciones de Lamé-Hooke.
- Ecuaciones de equivalencia, son ecuaciones en forma de integral que relacionan las tensiones con los esfuerzos internos.
- Ecuaciones de equilibrio que relacionan los esfuerzos internos con las fuerzas exteriores.

En las aplicaciones prácticas el análisis es sencillo, se construye un esquema ideal de cálculo formado por elementos unidimensionales o bidimensionales, y se aplican fórmulas preestablecidas en base al tipo de características que presentan los elementos. Esas fórmulas preestablecidas que no necesitan ser deducidas para cada caso, se basan en el esquema de cuatro puntos anterior. Más concretamente la resolución práctica de un problema de resistencia de materiales sigue los siguientes pasos:

1. Cálculo de esfuerzos, se plantean las ecuaciones de equilibrio y ecuaciones de compatibilidad que sean necesarias para encontrar los esfuerzos internos en función de las fuerzas aplicadas.
2. Análisis resistente, se calculan las tensiones a partir de los esfuerzos internos. La relación entre tensiones y deformaciones depende del tipo de sollicitación y de la hipótesis cinemática asociada: flexión de Bernouilli, flexión de Timoshenko, flexión desviada, tracción, pandeo, torsión de Coulomb, teoría de Collignon para tensiones cortantes, etc.
3. Análisis de rigidez, se calculan los desplazamientos máximos a partir de las fuerzas aplicadas o los esfuerzos internos. Para ello puede recurrirse directamente a la forma de la hipótesis cinemática o bien a la ecuación de la curva elástica, las fórmulas vectoriales de Navier-Bresse o los teoremas de Castigliano.

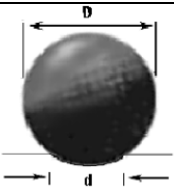

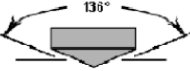
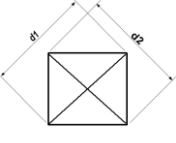
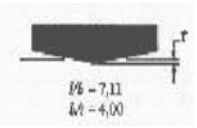
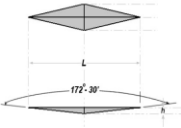
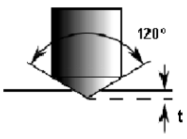
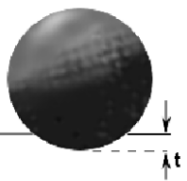


### **1.1.2. Dureza**

La resistencia que un material ofrece cuando se intenta ser rayado, penetrado, deformado plásticamente, a esta propiedad de los materiales se le conoce como dureza. Entre más duro es el material, más cuesta deformarlo plásticamente. La dificultad para deformar plásticamente al material se mide en función de la fuerza aplicada. Entre mayor tenga que ser la fuerza que se aplique para lograr la deformación plástica, más duro es el material.

Normalmente la dureza de un material se cuantifica por medio de una prueba de indentación. Este método de determinación de la dureza es muy común en los metales y se ilustra en la Figura 1.1

Si se tienen dos materiales a los que se les hace la indentación, y la fuerza aplicada en el indentador es la misma para ambos materiales, a mayor penetración del indentador se tendrá una menor dureza del material.

Para medir la dureza, se puede variar tanto la geometría del indentador como la fuerza aplicada sobre este. Cada combinación de indentador y fuerza aplicada genera una escala de dureza diferente. Existen equivalencias entre las distintas escalas de dureza que se pueden definir la primera de ellas escala elaborada por Mohs.

<b>FORMAS DE PENETERACION</b>					
<b>ENSAYO</b>	<b>PENETRADOR</b>	<b>VISTA LATERAL</b>	<b>VISTA DE LA HUELLA</b>	<b>CARGA</b>	<b>FORMULA PARA EL ÍNDICE DE DUREZA</b>
<b>BRINELL</b>	Esfera de 10mm de acero o de carburo de tungsteno			<b>P</b>	$HB = \frac{2P}{\pi D^2} \left( \frac{1}{1 - \sqrt{1 - \frac{d^2}{D^2}}} \right)$
<b>VICKERS</b>	Pirámide de diamante			<b>P</b>	$VHN = \frac{1.72P}{D^2}$
<b>MICRODUREZA DE KNOOP</b>	Pirámide de diamante			<b>P</b>	$KHN = \frac{14.2P}{D^2}$
<b>ROCKWELL</b>	<p><b>Cono de diamante</b></p> <p><b>Esfera de acero de 1/16 pulgadas de diámetro</b></p> <p><b>Esfera de acero de 1/8 pulgadas de diámetro</b></p>	 	 	<p><b>60kg. R<sub>A</sub></b></p> <p><b>150kg. R<sub>C</sub></b></p> <p><b>100kg. R<sub>D</sub></b></p> <p><b>100kg. R<sub>B</sub></b></p> <p><b>100kg. R<sub>F</sub></b></p> <p><b>100kg. R<sub>G</sub></b></p> <p><b>100kg. R<sub>E</sub></b></p>	

*Figura 1.1 Formas de penetración del indentador*

La dureza es una propiedad comparativa. Esto significa que sirve únicamente para comparar dos o más materiales entre sí. Si a manera de ejemplo se dice que el metal A es más duro que el metal B, esto significaría lo siguiente:

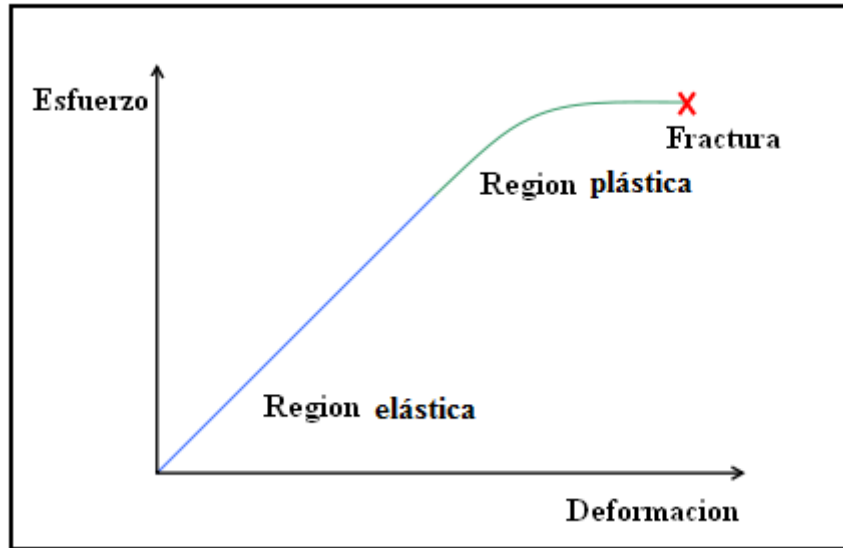
- Si los metales A y B rozan entre sí, si el metal A se desgasta menos por fricción que el B
- El metal A es más difícil de cortar que el metal B, el metal A se podría utilizar para cortar al metal B.
- El metal A es más difícil de unir por medio de soldadura que el metal B
- El metal A es más difícil de deformar plásticamente que el metal B

### **1.1.3. Plasticidad**

La plasticidad es la propiedad mecánica de un material, biológico o de otro tipo, de deformarse permanentemente e irreversiblemente cuando se encuentra sometido a tensiones por encima de su rango elástico, es decir, por encima de su límite elástico. *Figura 1.2*

En los materiales elásticos, en particular en muchos metales dúctiles, un esfuerzo de tracción pequeño lleva aparejado un comportamiento elástico. Eso significa que pequeños incrementos en la tensión de tracción comporta pequeños incrementos en la deformación, si la carga se vuelve cero de nuevo el cuerpo recupera exactamente su forma original, es decir, se tiene una deformación completamente reversible. Sin embargo, se ha comprobado experimentalmente que existe un límite, llamado límite elástico, tal que si cierta función homogénea de las tensiones supera dicho límite entonces al desaparecer la carga quedan deformaciones remanentes y el cuerpo no vuelve exactamente a su forma. Es decir, aparecen deformaciones plásticas.





*Figura 1.2. Diagrama esfuerzo deformación para materiales frágiles.*

Este tipo de comportamiento elasto-plástico descrito más arriba es el que se encuentra en la mayoría de metales conocidos, y también en muchos otros materiales. El comportamiento perfectamente plástico es algo menos frecuente, e implica la aparición de deformaciones irreversibles por pequeña que sea la tensión, la arcilla de modelar y la plastilina se aproximan mucho a un comportamiento perfectamente plástico. Otros materiales además presentan plasticidad con endurecimiento y necesitan esfuerzos progresivamente más grandes para aumentar su deformación plástica total. E incluso los comportamientos anteriores pueden ir acompañados de efectos viscosos, que hacen que las tensiones sean mayores en casos de velocidades de deformación altas, dicho comportamiento se conoce con el nombre de viscoplasticidad.

La plasticidad de los materiales está relacionada con cambios irreversibles en esos materiales. Un cuerpo que se deforma plásticamente experimenta cambios de estructura, como desplazamientos y acumulación de dislocaciones. En el comportamiento plástico parte de la energía mecánica se disipa internamente, en lugar de transformarse en energía potencial elástica.

Microscópicamente, en la escala de la red cristalina de los metales, la plasticidad es una consecuencia de la existencia de ciertas imperfecciones en la red llamadas dislocaciones. En

1934, Egon Orowan, Michael Polanyi y Geoffrey Ingram Taylor, más o menos simultáneamente llegaron a la conclusión de que la deformación plástica de materiales dúctiles podía ser explicada en términos de la teoría de dislocaciones. Para describir la plasticidad usualmente se usa un conjunto de ecuaciones diferenciales no lineales y no integrables que describen los cambios en las componentes del tensor deformación y el tensor tensión con respecto al estado de deformación-esfuerzo previo y el incremento de deformación en cada instante.

#### **1.1.4. Elasticidad**

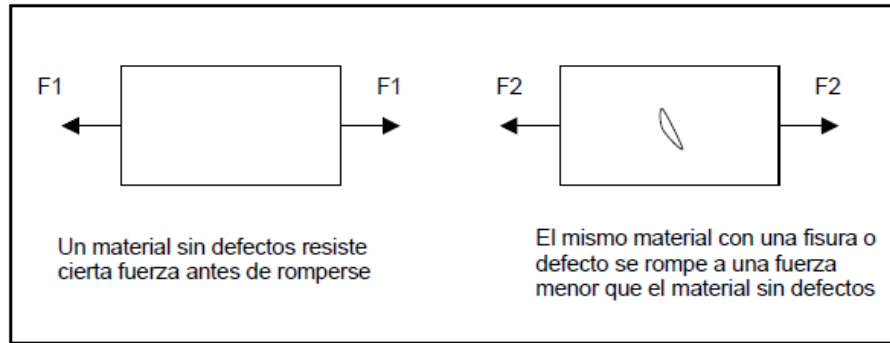
En física e ingeniería, el término elasticidad designa la propiedad mecánica de ciertos materiales de sufrir deformaciones reversibles cuando se encuentran sujetos a la acción de fuerzas exteriores y de recuperar la forma original si estas fuerzas exteriores se eliminan.

La elasticidad es estudiada por la teoría de la elasticidad, que a su vez es parte de la mecánica de sólidos deformables. La teoría de la elasticidad (TE) como la mecánica de sólidos (MS) deformables describe cómo un sólido (o fluido totalmente confinado) se mueve y deforma como respuesta a fuerzas exteriores.

La propiedad elástica de los materiales está relacionada, con la capacidad que tiene un sólido de sufrir transformaciones en toda su microestructura y regresar prácticamente a la normalidad. Cuando sobre un sólido deformable actúan fuerzas exteriores y éste se deforma se produce un trabajo de estas fuerzas que se almacena en el cuerpo en forma de energía potencial elástica y por tanto se producirá un aumento de la energía interna. El sólido se comportará elásticamente si este incremento de energía puede realizarse de forma reversible, en este caso decimos que el sólido es elástico.

#### **1.1.5. Tenacidad a la fractura**

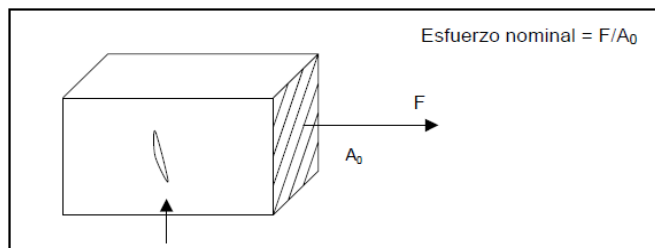
Esta se da cuando el material se rompe debido a la aplicación de una fuerza externa. Normalmente, la fractura está asociada a la estricción y al esfuerzo a la fractura de la curva esfuerzo - deformación unitaria, sin embargo es posible que un material se rompa a esfuerzos menores que su resistencia a la tensión, o incluso a esfuerzos menores que el esfuerzo de fluencia.



**Figura 1.3. La fractura bajo presencia de fisuras, grietas o pequeños defectos en el material.**

Para comprender mejor este fenómeno, se utilizan conceptos de una rama de la ciencia de materiales llamada mecánica de fractura. La fractura de un material a esfuerzos bajos se debe a la presencia de fisuras o grietas o pequeños defectos en el material. *Figura 1.3.*

La mecánica de fractura estudia el comportamiento de los materiales con fisuras o defectos pequeños cuando se les aplican fuerzas. *Figura 1.4.* La tenacidad a la fractura mide la capacidad de material con defectos para resistir las fuerzas que se le apliquen sin causar fractura.



**Figura 1.4. Presencia de grietas o fisuras al aplicarse una fuerza**

En las cercanías del defecto, el esfuerzo efectivo sobre el material es mayor que el esfuerzo nominal. La fisura en el material tiene el efecto de intensificar o aumentar el esfuerzo real en el material.

Para medir cuanto puede resistir el material, se define el factor de intensidad del esfuerzo, el cual está representado por la letra  $K$ . Este factor se define matemáticamente de la siguiente forma:

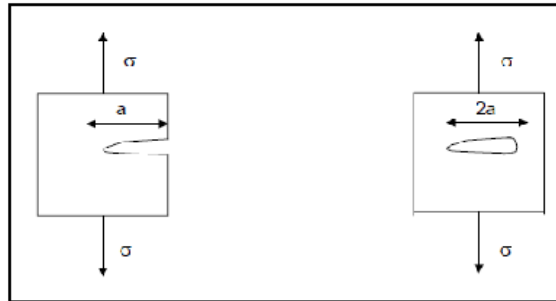
$$K = f\sigma\sqrt{\pi a}$$

Donde:

$f$ = factor geométrico: Este es el número que depende de la fuerza aplicada y de la geometría del defecto.

$\sigma$ = Esfuerzo nominal aplicado

$a$ = Tamaño del defecto Si el defecto es superficial,  $a$  es la longitud total del mismo. Si el defecto es interno,  $a$  es la mitad de la longitud del mismo.



**Figura 1.5. El factor de intensidad del esfuerzo solo aplica cuando este sea perpendicular**

Esta definición de Factor de Intensidad del Esfuerzo sólo es válida para esfuerzos aplicados en tensión y que al mismo tiempo sean perpendiculares a la línea de acción del esfuerzo, como se muestra en la *figura 1.5*.

El valor de  $K$  que hace que el defecto comience a crecer y cause la fractura del material se llama intensidad del esfuerzo crítico o tenacidad a la fractura. Se representa por  $K_c$

$K_c$ =  $K$  requerido para que el defecto crezca y cause la fractura. El valor numérico de  $K_c$  depende del espesor del material, por lo que se considera una propiedad mecánica.

El valor de  $K_c$  en deformación plana (espesores pequeños) es independiente del espesor de la materia y se considera una propiedad mecánica del mismo. A esta propiedad se le llama tenacidad a la fractura plana ( $K_{Ic}$ ). El material se fractura debido a que uno de sus defectos crece espontáneamente propagándose en el material.

Para que el defecto crezca espontáneamente, deben suceder dos cosas:

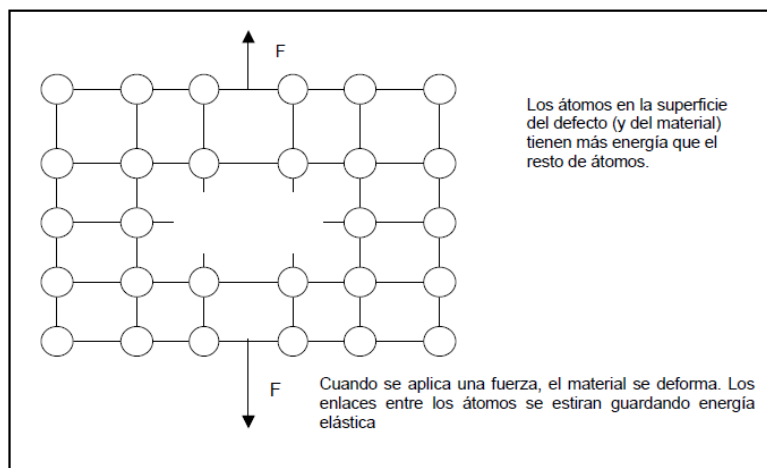
1. Deben romperse los enlaces químicos
2. Deben formarse nuevas superficies. Esta superficie nueva es la superficie de la fractura que se forma.

Cuando comienzan a romperse los enlaces (los cuales están estirados debido a las fuerzas que se les aplica) se liberan energía elástica que está almacenada en ellos. *Figura 1.6*. En el mismo instante en el que se rompen los enlaces, se forma la estructura de fractura, esta superficie debe absorber energía para poder ser formada. En el proceso de fractura se dan dos interacciones de energía, a saber:

- Se libera energía elástica almacenada en los enlaces
- Se absorbe energía, la cual queda guardada en la superficie fracturada.

Ante esto, se tienen dos posibilidades:

1. La energía elástica liberada es menor que la energía requerida para formar la superficie de fractura. En este caso, la superficie no puede formarse, en consecuencia se agrieta y no puede extenderse. El material, a pesar de tener defectos es capaz de resistir la fuerza aplicada sin romperse.
2. La energía elástica liberada es mayor o igual que la energía requerida para crear la superficie de fractura. En este caso, la grieta se extiende espontáneamente causando la fractura del material.



**Figura 1.6. Los enlaces al aplicarse una fuerza se estiran guardando energía elástica**

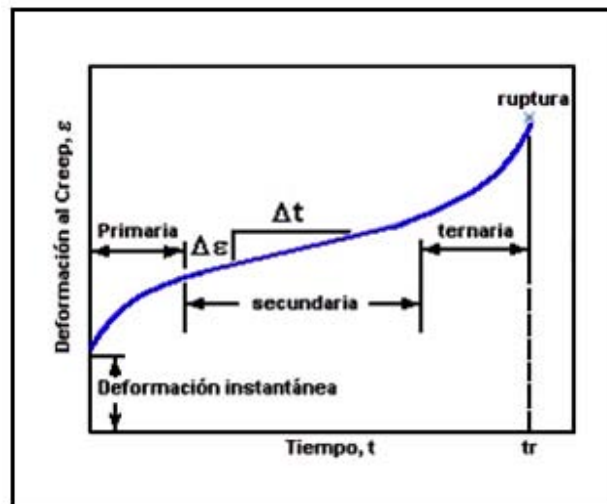
### 1.1.6. Fragilidad

Cuando un material es frágil rompe fácilmente no tiene resistencia a cargas de impacto y se fractura aún en carga estática sin previo aviso.

### 1.1.7. Fluencia

Deformación que se produce en un período cuando un material está sometido a un esfuerzo constante y a temperatura constante. En los metales, la fluencia suele producirse únicamente a elevadas temperaturas. La fluencia a temperatura ambiente es más común en los materiales plásticos y se conoce como flujo frío o deformación bajo carga. Los datos obtenidos en un ensayo de fluencia se suelen presentar en un gráfico de fluencia contra tiempo con esfuerzo y temperatura constantes. La pendiente de la curva es la velocidad de fluencia y el punto final de la curva es el tiempo para ruptura. Como se indica en el diagrama adjunto, la fluencia de un material se puede dividir en tres etapas. La primera etapa, o fluencia primaria, comienza a una velocidad rápida y aminora con el tiempo. La fluencia de segunda etapa o secundaria presenta una velocidad relativamente uniforme. La fluencia de tercera etapa o terciaria presenta una velocidad de fluencia acelerada y termina debido a un fallo del material en el momento de la ruptura.

Una curva típica de creep de deformación vs tiempo a esfuerzo constante y temperatura elevada constante se muestra en la *figura 1.7*. La mínima tasa de creep  $\Delta\varepsilon/\Delta t$  es la pendiente del segmento de recta en la región secundaria. El tiempo de vida hasta la ruptura  $t_r$  es el tiempo total hasta que la probeta.



*Figura 1.7. Curva típica de Creep de deformación vs tiempo a esfuerzo constante.*

### **1.1.8. Fatiga.**

En ingeniería y, en especial, en ciencia de materiales, la fatiga de materiales se refiere a un fenómeno por el cual la rotura de los materiales bajo cargas dinámicas cíclicas (fuerzas repetidas aplicadas sobre el material) se produce ante cargas inferiores a las cargas estáticas que producirían la rotura. Un ejemplo de ello se tiene en un alambre: flexionándolo repetidamente se rompe con facilidad, pero la fuerza que hay que hacer para romperlo en una sola flexión es muy grande. La fatiga es una forma de rotura que ocurre en estructuras sometidas a tensiones dinámicas y fluctuantes (puentes, automóviles, aviones, etc.). Su principal peligro es que puede ocurrir a un esfuerzo menor que la resistencia a tracción o el límite elástico para una carga estática, y aparecer sin previo aviso, causando roturas catastróficas. Es un fenómeno muy importante, ya que es la primera causa de rotura de los materiales metálicos (aproximadamente el 90%), aunque también está presente en polímeros (plásticos, composites,...), y en cerámicas.

La rotura por fatiga tiene aspecto frágil aún en metales dúctiles, puesto que no hay apenas deformación plástica asociada a la rotura. El proceso consiste en un inicio y posterior propagación de fisuras, que crecen desde un tamaño inicial microscópico hasta un tamaño macroscópico capaz de comprometer la integridad estructural del material. La superficie de fractura es perpendicular a la dirección del esfuerzo. Aunque es un fenómeno que, sin definición formal, era reconocido desde antiguo, este comportamiento no fue de interés real hasta la Revolución Industrial, cuando, a mediados del siglo XIX comenzaron a producirse roturas en los ejes de las ruedas de los trenes, que pugnaban, por aquel entonces, por imponerse como medio de locomoción.

#### ***Esfuerzos cíclicos***

El esfuerzo puede ser axial (tensión y compresión), de flexión o torsional. En general, son posibles tres modos distintos de esfuerzo fluctuante en el tiempo:

1. Representado esquemáticamente por una onda senoidal del tiempo, en la que la amplitud es simétrica y varía de un valor máximo a un mínimo igual a la tensión aplicada. Se denomina ciclo de carga invertida.
2. Denominado ciclo de carga repetida, los máximos y mínimos son asimétricos con respecto al nivel cero de carga.

3. Aleatorio: el nivel de esfuerzo puede variar al azar en amplitud y frecuencia.

La amplitud del esfuerzo de tensión varía alrededor de un valor medio, el promedio de las tensiones máxima y mínima en cada ciclo:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$$

El intervalo de tensiones es la diferencia entre esfuerzo máximo y mínimo

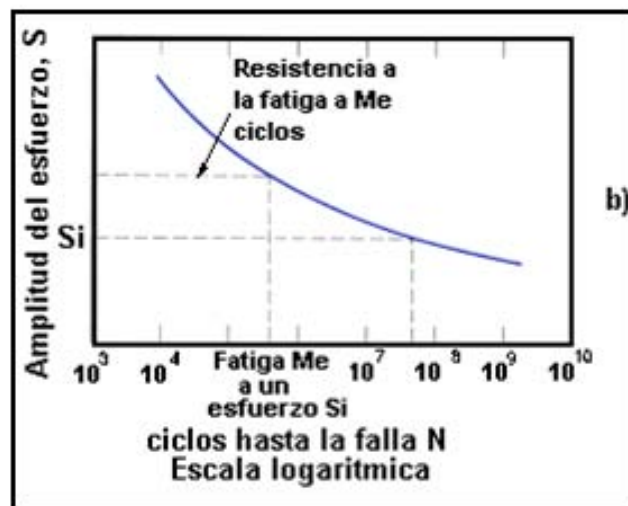
$$\sigma_r = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$$

La amplitud de esfuerzo es la mitad del intervalo de tensiones

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} = \frac{\sigma_r}{2}$$

Estas curvas se obtienen a través de una serie de ensayos donde una probeta del material se somete a tensiones cíclicas con una amplitud máxima relativamente grande (aproximadamente 2/3 de la resistencia estática a tracción). Se cuentan los ciclos hasta rotura. Este procedimiento se repite en otras probetas a amplitudes máximas decrecientes.

Los resultados se representan en un diagrama de esfuerzo,  $S$ , frente al logaritmo del número  $N$  de ciclos hasta la rotura para cada una de las probetas. *Figura 1.8*. Los valores de  $S$  se toman normalmente como amplitudes del esfuerzo .



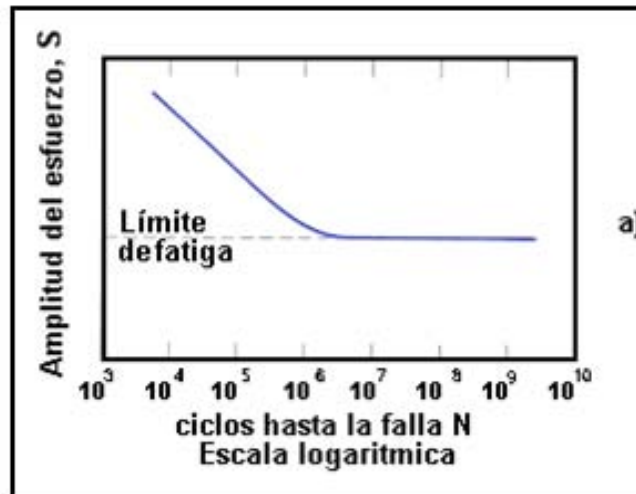
*Figura 1.8. Diagrama de esfuerzo,  $S$ , frente al logaritmo del número  $N$*

Se pueden obtener dos tipos de curvas  $S$ - $N$ . A mayor esfuerzo, menor número de ciclos hasta rotura. En algunas aleaciones ferrosas y en aleaciones de titanio, la curva  $S$ - $N$  se hace



horizontal para valores grandes de  $N$ , es decir, existe un esfuerzo límite, denominada límite de fatiga, por debajo del cual la rotura por fatiga no ocurrirá.

Suele decirse, de manera muy superficial, que muchas de las aleaciones no férricas (aluminio, cobre, magnesio, etc.) no tienen un límite de fatiga, dado que la curva S-N continúa decreciendo al aumentar  $N$ . *Figura 1.9.*



*Figura 1.9. La curva S-N continúa decreciendo al aumentar N.*

La respuesta a la fatiga se especificaría mediante la resistencia a la fatiga que se define como el nivel de esfuerzo que produce la rotura después de un determinado número de ciclos. Sin embargo, esto no es exacto: es ingenuo creer que un material se romperá al cabo de tantos ciclos, no importa cual ridículamente pequeña sea el esfuerzo presente.

### **1.1.9. Maleabilidad**

La maleabilidad es la propiedad de la materia, que junto a la ductilidad presentan los cuerpos al ser labrados por deformación. Se diferencia de aquella en que mientras la ductilidad se refiere a la obtención de hilos, la maleabilidad permite la obtención de delgadas láminas de material sin que éste se rompa. Es una cualidad que se encuentra opuesta a la ductilidad puesto que en la mayoría de los casos no se encuentran ambas cualidades en un mismo material.

También presenta esta característica, en menor medida, el aluminio habiéndose popularizado el papel de aluminio como envoltorio conservante para alimentos así como en la fabricación de tetra-brick.

## **1.2. La prueba de tensión**

En la mayoría de las ocasiones, los materiales metálicos se emplean con fines estructurales. Es decir, los componentes fabricados con metales deben responder de forma adecuada a determinadas situaciones mecánicas. La expresión de responder de forma adecuada puede entenderse en muy diferentes sentidos. Así, en muchos casos, significa no fallar en servicio, pero en otros como, por ejemplo, un fusible mecánico, puede significar lo contrario.

En múltiples aplicaciones el factor que limita la vida útil de un componente no es su fractura, si no que puede ser cierto grado de desgaste o el desarrollo de una grieta de cierto tamaño. El abanico de posibilidades se abre aun mas cuando se considera la naturaleza de las sollicitaciones mecánicas que deben de ser soportadas. Éstas pueden ser constantes en el tiempo o variables, en este último caso, la velocidad de variación puede ser reducida o elevada, pueden actuar de forma localizada o distribuida en el material. Y, en este último caso, la distribución de esfuerzos puede ser uniforme o no.

A todo lo expuesto anteriormente, hay que añadir la que surge de la consideración de otras etapas de la vida de una pieza como, por ejemplo, su conformación. En ciertos procesos de fabricación, se confiere su forma a los productos metálicos por deformación plástica. Para determinar cuáles son las condiciones óptimas de trabajo en estos casos, es necesario conocer cuál es la relación entre los esfuerzos que se aplican y las deformaciones que se producen y cuál es la máxima deformación que admite el material sin llegar a romper.

### **1.2.1. ¿Qué es el ensayo de tensión?**

Este ensayo permite obtener información sobre la capacidad de un material para soportar la acción de cargas estáticas o de cargas que varían lentamente a temperaturas homologas inferiores a 0.5 (parámetro adimensional que se define como el cociente entre las temperaturas de ensayo y de fusión). Como los componentes metálicos se proyectan en la mayoría de las

ocasiones para trabajar en estas condiciones, probablemente este es el más popular entre los ensayos que permiten caracterizar el comportamiento mecánico de un material metálico.

### **1.2.2. La máquina para ensayo de tensión**

Las máquinas que se utilizan para llevar a cabo los ensayos de tracción disponen de un conjunto muy amplio de accesorios que permiten la aplicación de sollicitaciones de diferente naturaleza y la realización de ensayos de muchos otros tipos como, por ejemplo, compresión, flexión, plegado, cortadura, etc. Por esta razón estos equipos se conocen con el nombre de máquinas universales de ensayo o dinamómetros universales. Si bien estas pruebas son fundamentales en ocasiones para seleccionar el material adecuado a cierta aplicación o como método de control de calidad, su empleo es mucho menos frecuente que el del ensayo de tracción.

### **1.2.3. Procedimiento**

Si han de tomarse mediciones de alargamiento, lo primero es marcar el tramo de calibración. Si las marcas se hacen rayando el material, estas marcas han de ser ligeras para no dañarlo.

Antes de usar la máquina por primera vez, el operador debe familiarizarse con ella. Se debe comprobar el estado inicial de la máquina y hacer los ajustes necesarios.

Se colocan la probeta en los dispositivos de sujeción (mordazas), y se ha de comprobar la correcta sujeción y posicionamiento.

La velocidad del ensayo no debe ser superior que aquella de la cual las lecturas de carga y otras que puedan tomarse, permitan una medición un grado de exactitud adecuado.

Después que la probeta ha fallado, se retira esta de la máquina de ensayo. Se toman las mediciones de los valores de alargamiento.

Los extremos rotos de la probeta se juntan, y se mide la distancia entre los puntos de referencia. También se mide el diámetro de la sección más pequeña.

**La curva esfuerzo-deformación** resultante del ensayo se construye representando el esfuerzo, que es la razón de la fuerza aplicada a la sección recta inicial de la probeta,  $S_0$ , frente al alargamiento, que se define como la extensión porcentual referida a la longitud inicial  $(L-L_0)/L_0 \times 100$ . 10.-Usar materiales y

### **1.2.4. Requerimientos de la probeta**

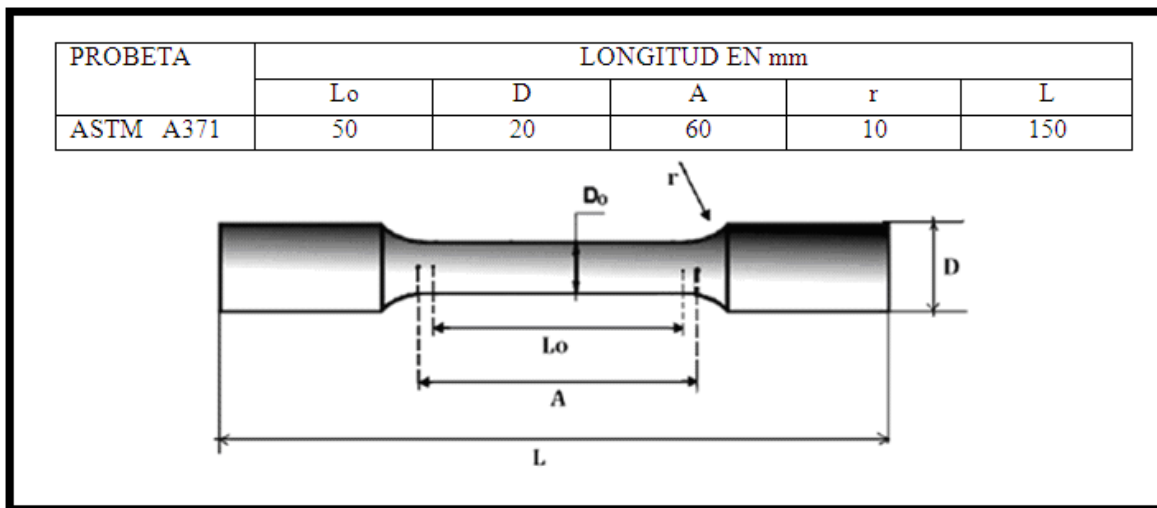
Ciertos requerimientos fundamentales pueden establecerse y ciertas formas de probeta se acostumbra a usar para tipos particulares de ensayos. La sección transversal de la probeta es

redonda, cuadrada o rectangular. Para los metales, si una pieza de suficiente grueso puede obtenerse de manera sencilla, se usa habitualmente una probeta redonda; para láminas y placas se emplea una probeta plana.

La porción central del tramo es usualmente, pero no siempre, de sección menor que los extremos para provocar que el fallo ocurra en una sección donde los esfuerzos no resulten afectados por los dispositivos de sujeción. Se define como tramo de calibración aquel sobre el cual se toman las mediciones de alargamiento o extensómetro.

La forma de los extremos debe de ser adecuada al material, y se ha de ajustar al dispositivo de sujeción a emplear. Los extremos de las probetas redondas pueden ser simples, cabeceados o roscados. La relación entre el diámetro o ancho del extremo, y, el diámetro de la sección reducida ha de valorarse en materiales quebradizos para evitar la rotura debida al esfuerzo axial y los esfuerzos debidos a la acción de las mordazas.

Una probeta debe de ser simétrica con respecto a un eje longitudinal durante toda su longitud para evitar la flexión durante la aplicación de carga. Probeta de sección circular para la prueba de tracción normalizada según la norma ASTM A 371 . *Figura 1.10.*



*Figura 1.10. Dimensiones de una probeta normalizada según la norma. ASTM A 371*

### 1.2.5. Propiedades más importantes que se pueden medir en la curva esfuerzo deformación.

Con los datos obtenidos de la probeta sometida al ensayo de tracción, se extraen datos con los cuales se construye una curva como la de la *figura 1.11*, en donde se muestra el comportamiento del metal al ser sometido a tracción.

### Modulo elástico o modulo de Young, E.

El tramo inicial de la curva, que generalmente es recto, da información del comportamiento elástico del material, es decir sobre la relación entre esfuerzos y deformaciones cuando estas son recuperables. La pendiente del tramo inicial de la curva es una medida de rigidez del material. De dos piezas con la misma geometría, sometidas al mismo requisito mecánico y fabricado con diferentes materiales que trabajen dentro del campo elástico, aquella con mayor módulo será la que presente menores deformaciones.

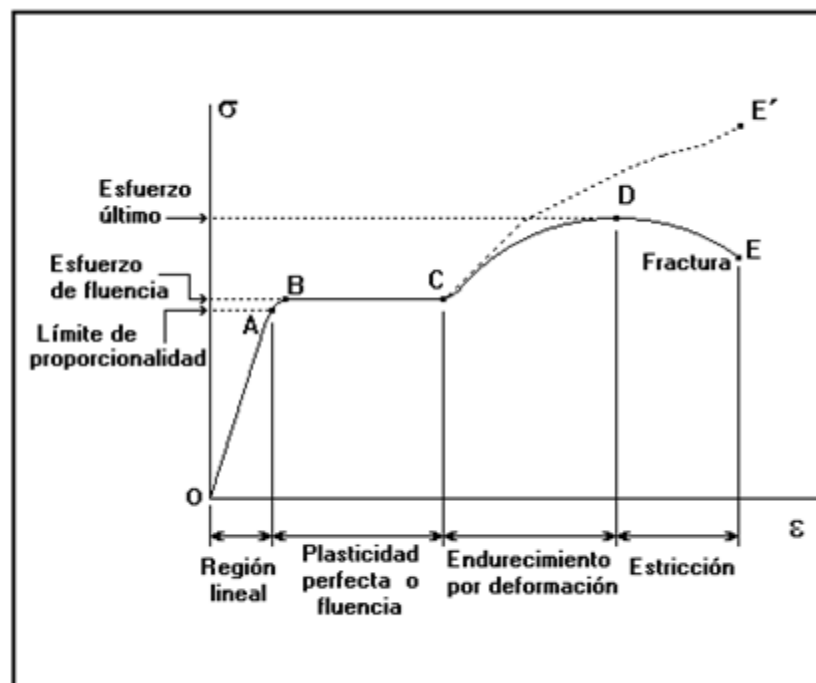


Figura 1.11. Comportamiento del metal al ser sometido a tracción

### El límite elástico.

Es el esfuerzo mínimo que hay que aplicar para que aparezcan deformaciones permanentes en el material. Se define el límite elástico convencional,  $R_p$ , como el esfuerzo necesario para provocar una deformación plástica predefinida. Esta propiedad juega un papel de gran importancia en el proyecto mecánico, porque en la gran mayoría de las ocasiones, las piezas se

calculan para que no sufran deformaciones permanentes en servicio y, en consecuencia, se debe garantizar que las tensiones que actúan cuando la pieza trabaja no superan el límite elástico.

### **Resistencia máxima o resistencia a la tracción, $R_m$ .**

Es el esfuerzo más grande que puede soportar un material, pero tiene poca aplicación en el diseño de ingeniería, ya que cuando se alcanza este valor, el material ya sufrió una gran cantidad de deformación plástica.

### **Resistencia a la fractura.**

Es el esfuerzo que hay que aplicar para que se produzca la rotura de la probeta en las condiciones del ensayo. Mientras el esfuerzo aplicado es menor a  $R_m$ , la deformación es uniforme, pero al alcanzar este esfuerzo comienza a desarrollarse un cuello en la probeta. La reducción localizada de sección hace que el esfuerzo que actúa en esa sección crezca localmente lo que provoca un nuevo aumento del alargamiento en la zona del cuello con la consiguiente caída del esfuerzo nominal. Este proceso continua hasta que la sección no es capaz de seguir deformándose y se produce la fractura. La carga de rotura es una propiedad que también se puede utilizar para el cálculo de piezas que trabajan sometidas a esfuerzos aunque, en la actualidad, se tiende a emplear preferentemente el límite elástico.

### **El alargamiento a la rotura, $A_t$ .**

Es la extensión que presenta la probeta tras el fallo. Esta propiedad es una medida indirecta de la ductilidad del material. Un alargamiento a la rotura elevado es una propiedad deseable porque los materiales con esta propiedad admiten deformaciones plásticas importantes, cuya observación, en muchas ocasiones, permite adoptar medidas correctoras con anterioridad a la fractura. Además, el alargamiento a la rotura es también un indicador de la capacidad del material para ser conformado por deformación a la temperatura de ensayo.

### **La estricción, $Z$ .**

Es la relación entre las áreas de las secciones rectas de rotura e inicial. La estricción esta relacionada con el alargamiento a la rotura de modo que cuando este crece, aquella aumenta.

## **CAPÍTULO 2.**

### **DISEÑO DEL DISPOSITIVO MARCADOR DE PROBETAS**

#### **2.1 Naturaleza del diseño mecánico**

Para diseñar componentes y aparatos mecánicos el diseñador debe ser competente en el diseño los elementos individuales desde el material que se usara en cada uno de los componentes hasta las normas y estándares que rigen cada uno de estos para que por ultimo forman un sistema perfectamente funcional y seguro, pero también debe poder integrar estos componentes, piezas para formar un sistema que funcione en forma coordinada y que satisfaga las necesidades que se requieren.

El diseño de elementos de máquinas es parte integral del más extenso y campo general del diseño mecánico. Los diseñadores y los ingenieros de diseño crean aparatos o sistemas que satisfagan necesidades específicas, en el caso típico de los aparatos mecánicos comprenden piezas móviles que transmiten potencia y ejecutan pautas específicas de movimiento, los sistemas mecánicos están formados por varios aparatos mecánicos los cuales a su vez están conformados por piezas mecánicas. Por lo anterior para diseñar sistemas y aparatos mecánicos el lector debe ser competente en el diseño individual de los componentes del sistema Pero también debe poder integrar varios componentes y equipos en un sistema coordinado y que satisfaga las necesidades del cliente.

El objetivo final de un diseño mecánico es obtener un producto útil que satisfaga las necesidades de un cliente, y que además sea seguro, eficiente, confiable económico y de manufactura práctica.

#### **2.1.1. Conocimientos necesarios para el diseño mecánico**

Los ingenieros de producto y los diseñadores mecánicos usan una amplia variedad de capacidades en sus tareas diarias inclusive las siguientes:

- 1.-Trazado de dibujo técnico y dibujo asistido por computadora (CAD).
- 2.-Propiedades de los metales, así como procesamiento de los metales y los procesos de manufactura.
- 3.- Aplicación de la química, como protección contra la corrosión, galvanoplastia y pintura.

- 4.- Resistencia de materiales, Estática, dinámica, cinemática y mecanismos.
- 5.-Diseño de experimentos y pruebas de funcionamiento de materiales y sistemas mecánicos.
- 6.-Creatividad, solución de problemas y gerencia de proyectos.
- 7.-Análisis de esfuerzos.
- 8.-Conocimientos especializados del comportamiento de elementos de máquinas , como engranes, transmisiones de bandas, transmisiones de cadenas, ejes, cojinetes, cuñas, ancladuras, acoplamientos , sellos , resortes , uniones (atornilladas, remachadas , soldadas)

### **2.1.2. Pasos en el proceso de diseño**

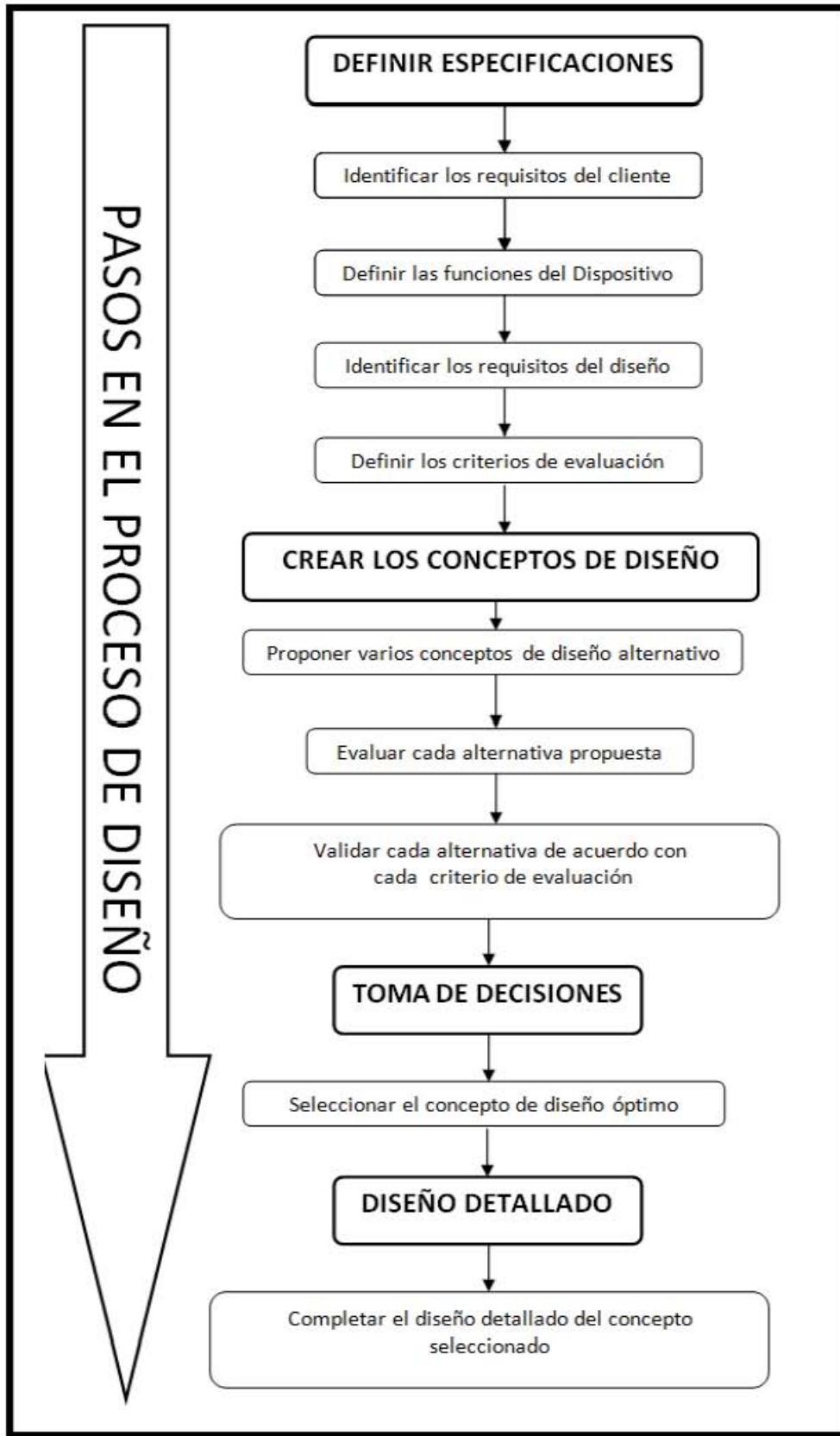
La mayor parte de estos diseños pasan por un ciclo de actividades, tal como, lo muestra la *figura 2.1*. Es hay donde se plantea la creatividad para producir diseños verdaderamente novedosos. Cada concepto debe satisfacer las funciones y requisitos de diseño. Debe hacerse una evaluación crítica completa de las propiedades deseables, las ventajas y desventajas de cada concepto de diseño, para decidir que concepto de diseño es el óptimo y en consecuencia viable para fabricar.

El cuadro final del diagrama de flujo como lo muestra la *figura* es el diseño detallado, y el enfoque principal de este proyecto se dirige a la parte del proceso general de diseño.

### **2.1.3. Criterios de evaluación**

- 1.-Seguridad (La seguridad relativa inherente antes de todo requisito mencionado)
- 2.-Desempeño (el grado donde el concepto de diseño supera los requisitos)
- 3.-Facilidad de manufactura
- 4.-Facilidad de servicio o de reemplazo de componentes
- 5.-Facilidad de operación
- 6.-Bajo costo inicial
- 7.-Bajo costo de operación y mantenimiento
- 8.- De tamaño pequeño y peso ligero
- 9.-Silencioso y con poca vibración; funcionamiento suave
- 10.-Usar materiales y componentes fáciles de comprar





*Figura 2.1. Pasos en el proceso de diseño.*

#### 2.1.4. Materiales de diseño

Es responsabilidad del diseñador especificar los materiales adecuados para cada parte del dispositivo mecánico. Lo primero que se debe hacer es especificar el material básico que se usará para determinado componente de un diseño mecánico. Se debe tener en cuenta las funciones del componente los tipos y magnitudes de las cargas que soportará y el ambiente en que funcionará. La selección de un material debe considerar las propiedades físicas y mecánicas y adaptarlas a las expectativas deseadas. Teniendo en cuenta los siguientes materiales:

Metales y sus aleaciones	Plásticos	Materiales compuestos
Elastómeros	Madera	Cerámicos y vidrios

Cada una de estas clases contiene una gran cantidad de materiales específicos que cubren un amplio margen de propiedades reales. Sin embargo, es probable que, de acuerdo a su experiencia tenga una idea del comportamiento general de cada tipo de eventuales aplicaciones consideradas para el estudio de diseño de elementos de maquinas en este libro requieren aleaciones metálicas, plásticos y materiales compuestos. El funcionamiento satisfactorio de los componentes y sistemas de las maquinas depende grandemente de los materiales que especifique el diseñador. Como diseñador se debe comprender el comportamiento de los materiales, que propiedades de los materiales afectan en el desempeño de las piezas y la forma en la que debe interpretar la gran cantidad de datos disponibles sobre las propiedades del material.

#### 2.2 Dibujos de conjunto y de detalle del dispositivo marcador de probetas

En la *figura 2.2* se muestra, el plano de las vistas ortogonales en el sistema americano del dibujo de conjunto del marcador de probetas.

En la *figura 2.3* se muestra, el plano de despiece del dispositivo marcador de probetas.

En la *figura 2.4* se muestra, el plano de las vistas ortogonales en el sistema americano del dibujo de detalle, del cuerpo del dispositivo marcador de probetas.

En la *figura 2.5* se muestra, el plano de las vistas ortogonales en el sistema americano del dibujo de detalle, de la tapa del dispositivo marcador de probetas.

En la *figura 2.6* se muestra, el plano de las vistas ortogonales en el sistema americano del dibujo de detalle, del posicionador.

En la *figura 2.7* se muestra, el plano de las vistas ortogonales en el sistema americano del dibujo de detalle, de uno de los dos punzones.

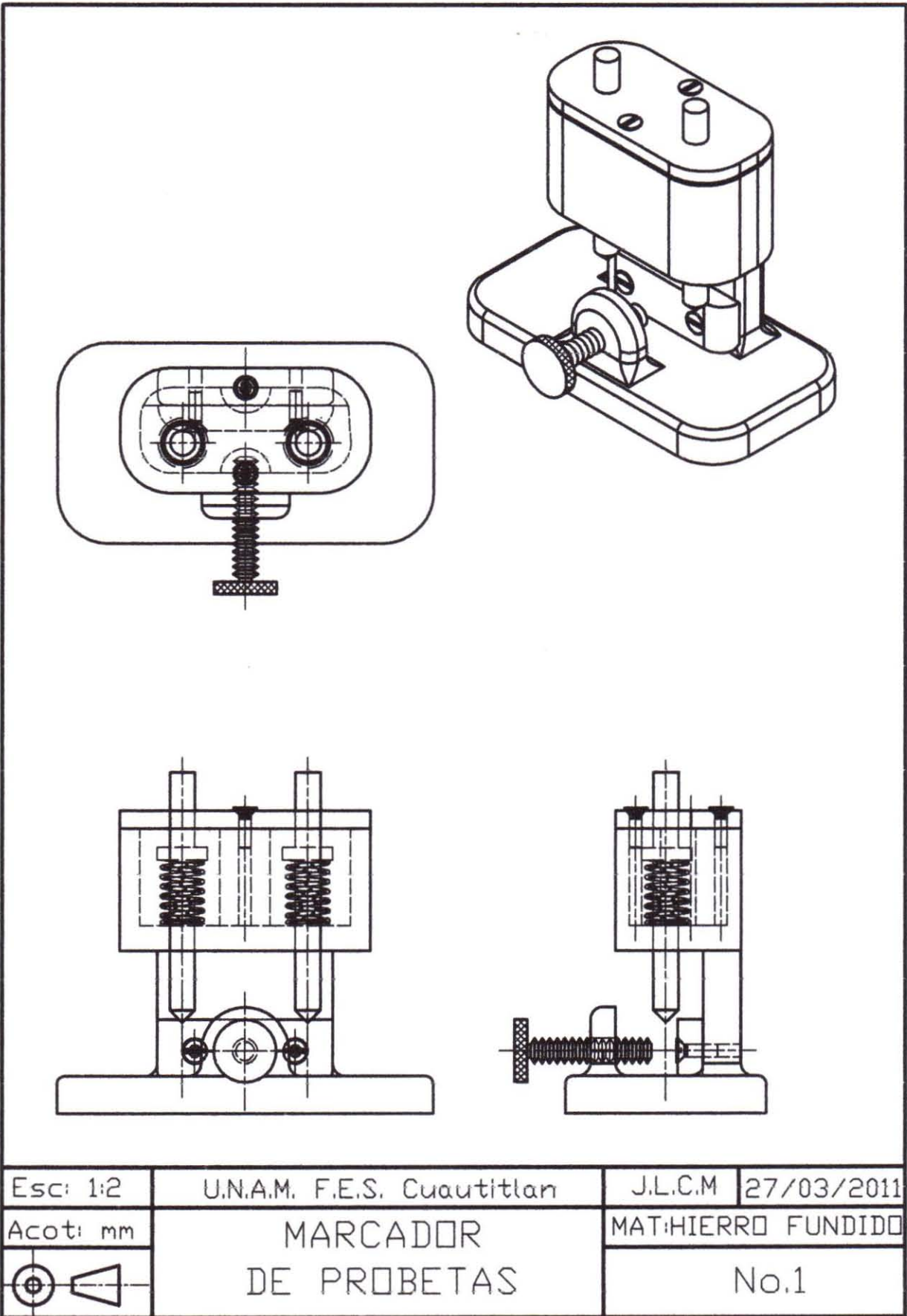
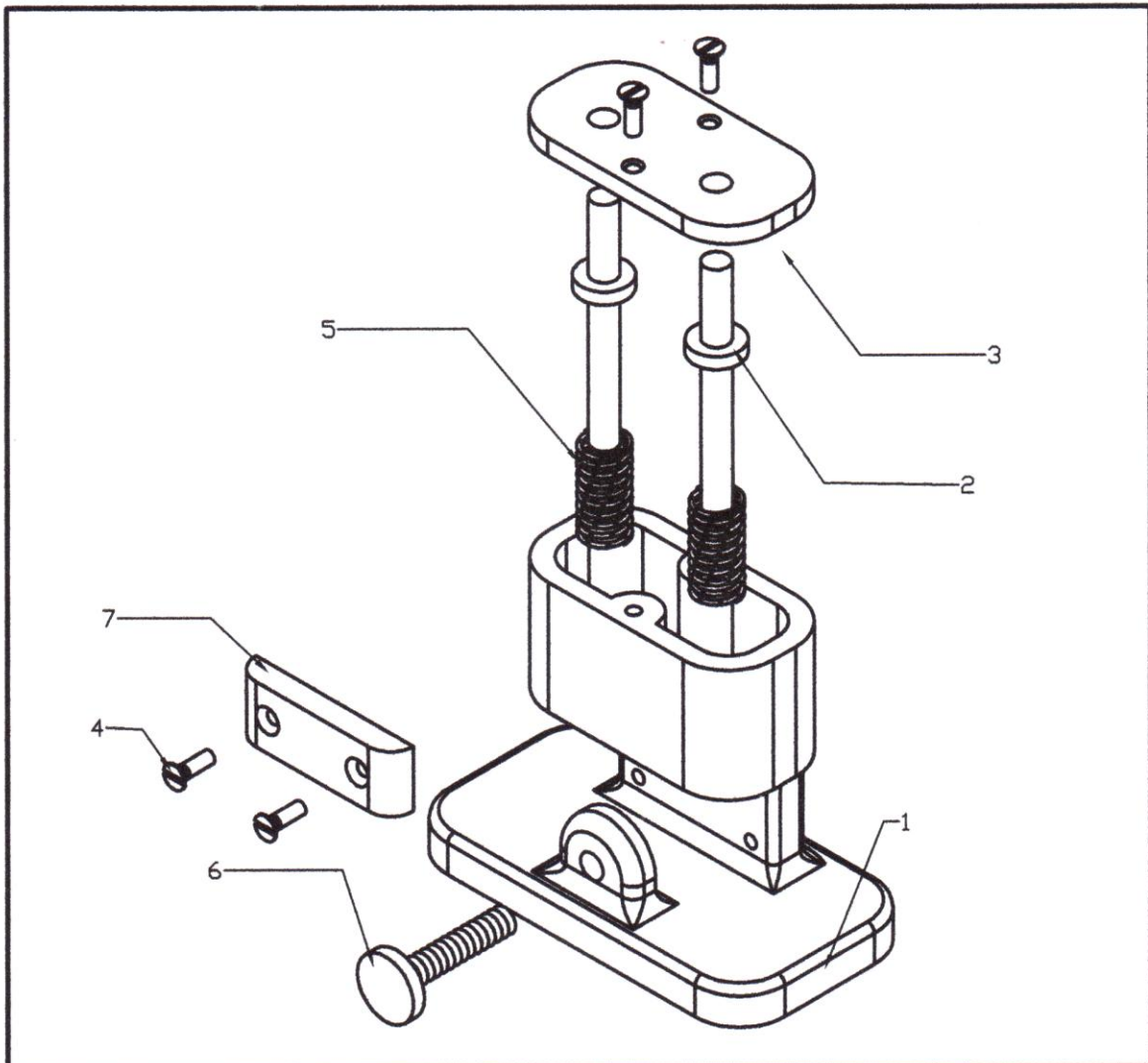


Figura 2.2. Dibujo de conjunto del dispositivo marcador de probetas



7	1	POSICIONADOR	ALUMINIO	ANODIZADO
6	3	TORNILLO OPRESOR	ACERO 1018	TROPICALIZADO
5	2	RESORTES S11 XXX	ACERO SAE 1050	GALVANIZADO
4	2	TORNILLO M5	ACERO	TROPICALIZADO
3	1	TAPA	HIERRO FUNDIDO	GALVANIZADO
2	2	PUNZONES	ACERO 1018	TROPICALIZADO
1	1	CUERPO	HIERRO FUNDIDO	GALVANIZADO
No.	CANT	DESIGNACION	MATERIAL	ACABADO
Esc: 1:2		U.N.A.M. F.E.S. Cuautitlan		OBSERVACIONES
Acot: mm		MARCADOR DE PROBETAS		J.L.C.M   27/03/2011
				No.2

Figura 2.3. Despiece del dispositivo marcador de probetas

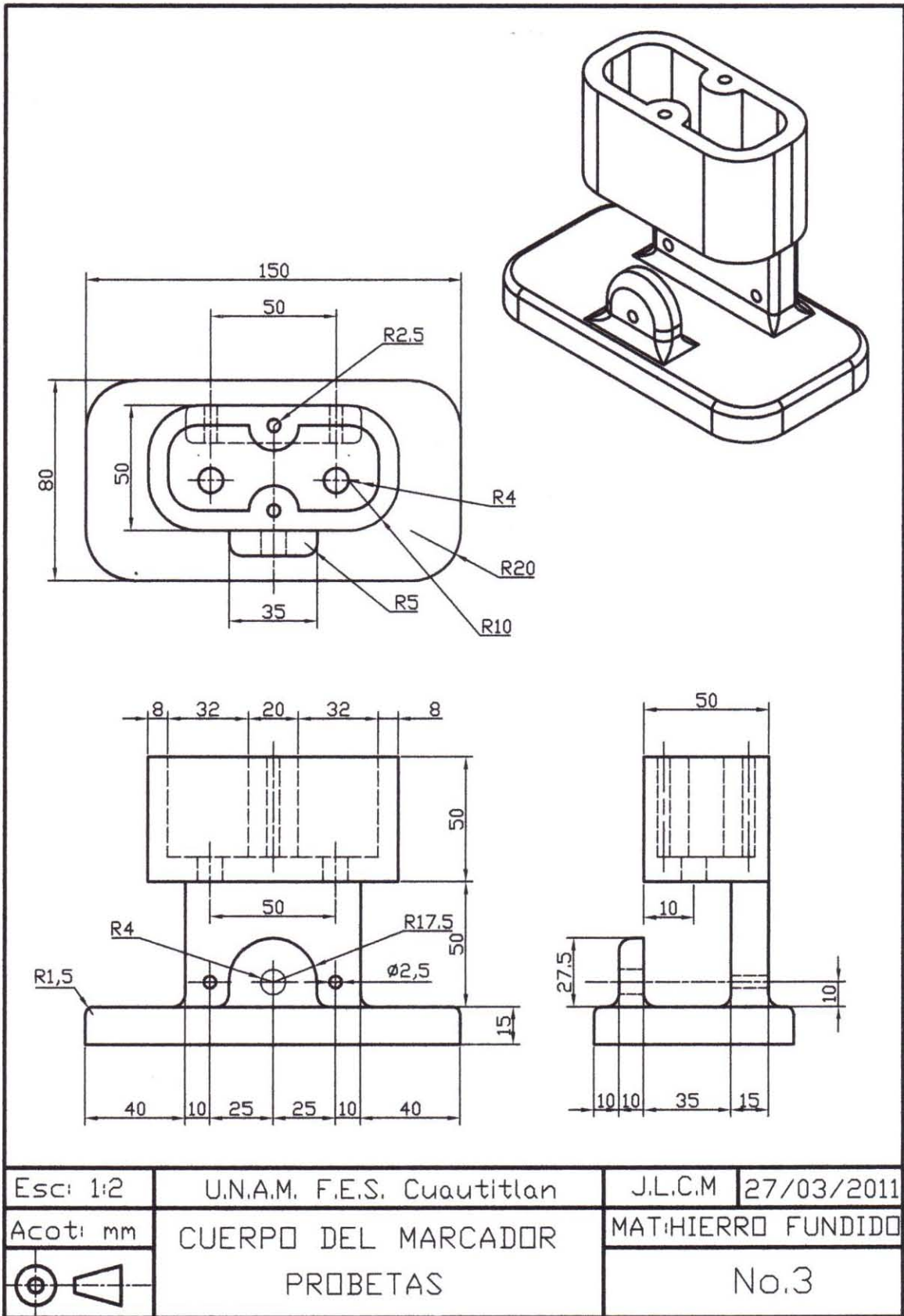


Figura 2.4. Dibujo de detalle del cuerpo del dispositivo marcador de probetas

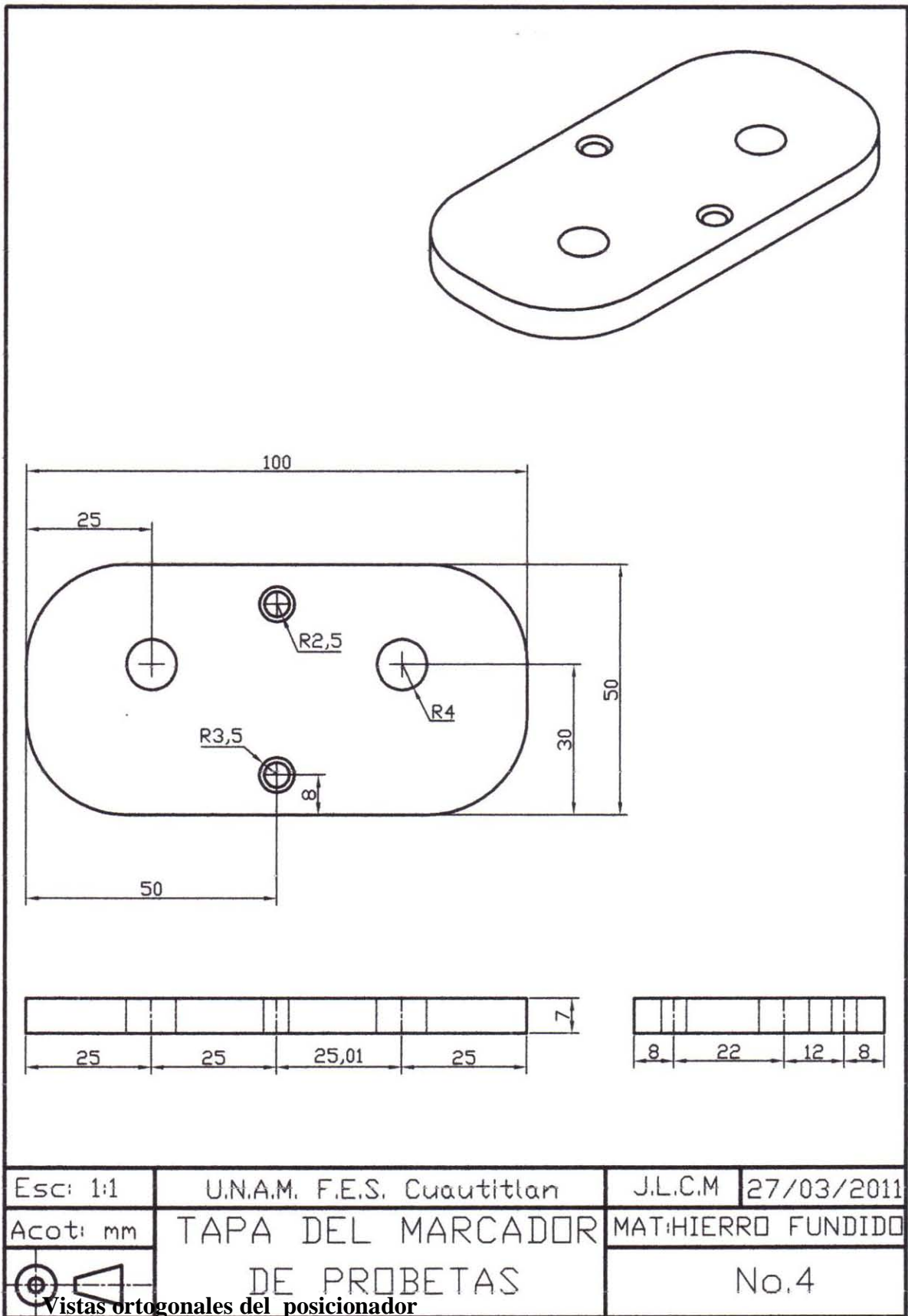


Figura 2.5. Dibujo de detalle de la tapa del dispositivo marcador de probetas

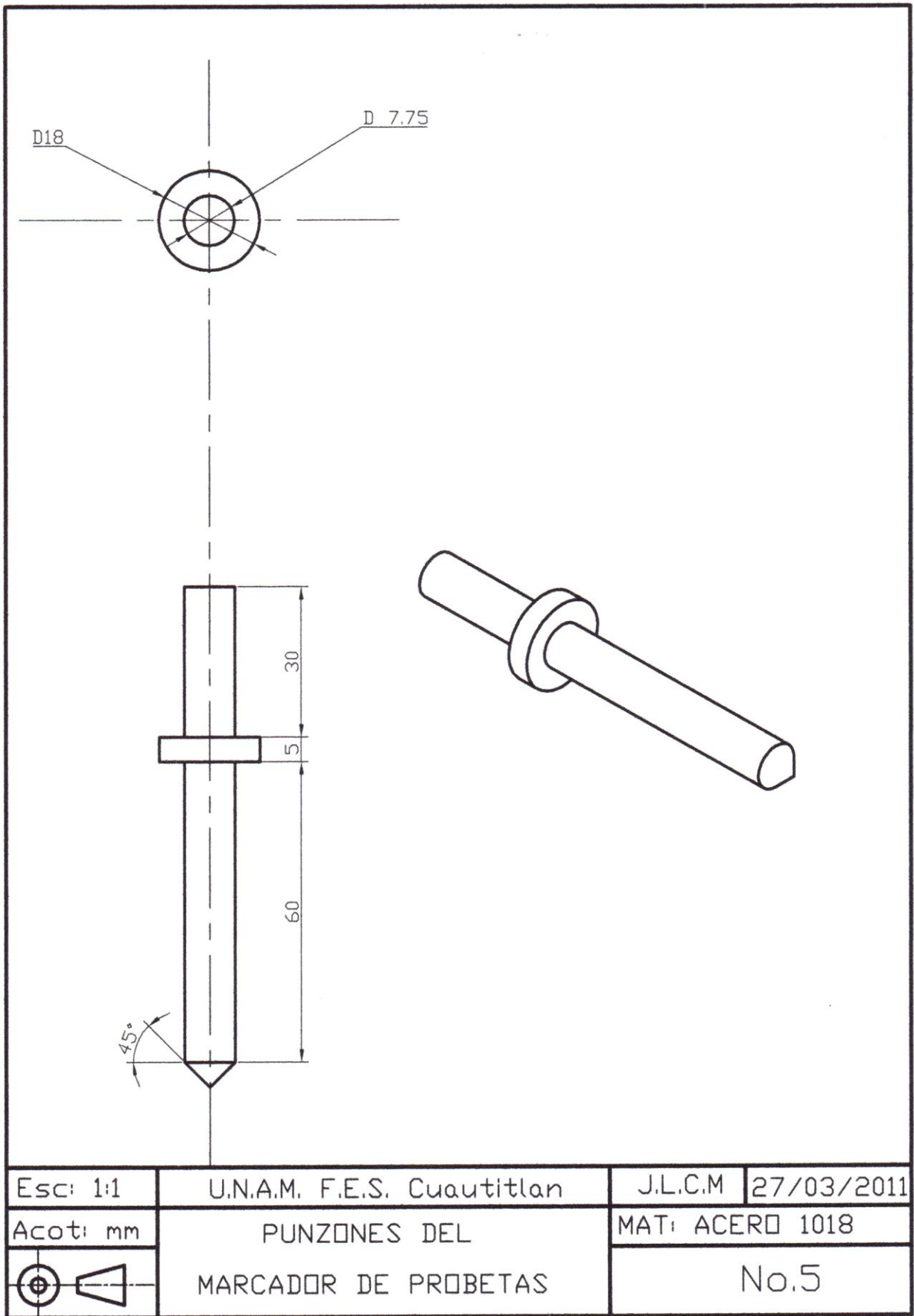


Figura 2.6. Dibujo de detalle de los punzones del dispositivo marcador de probetas



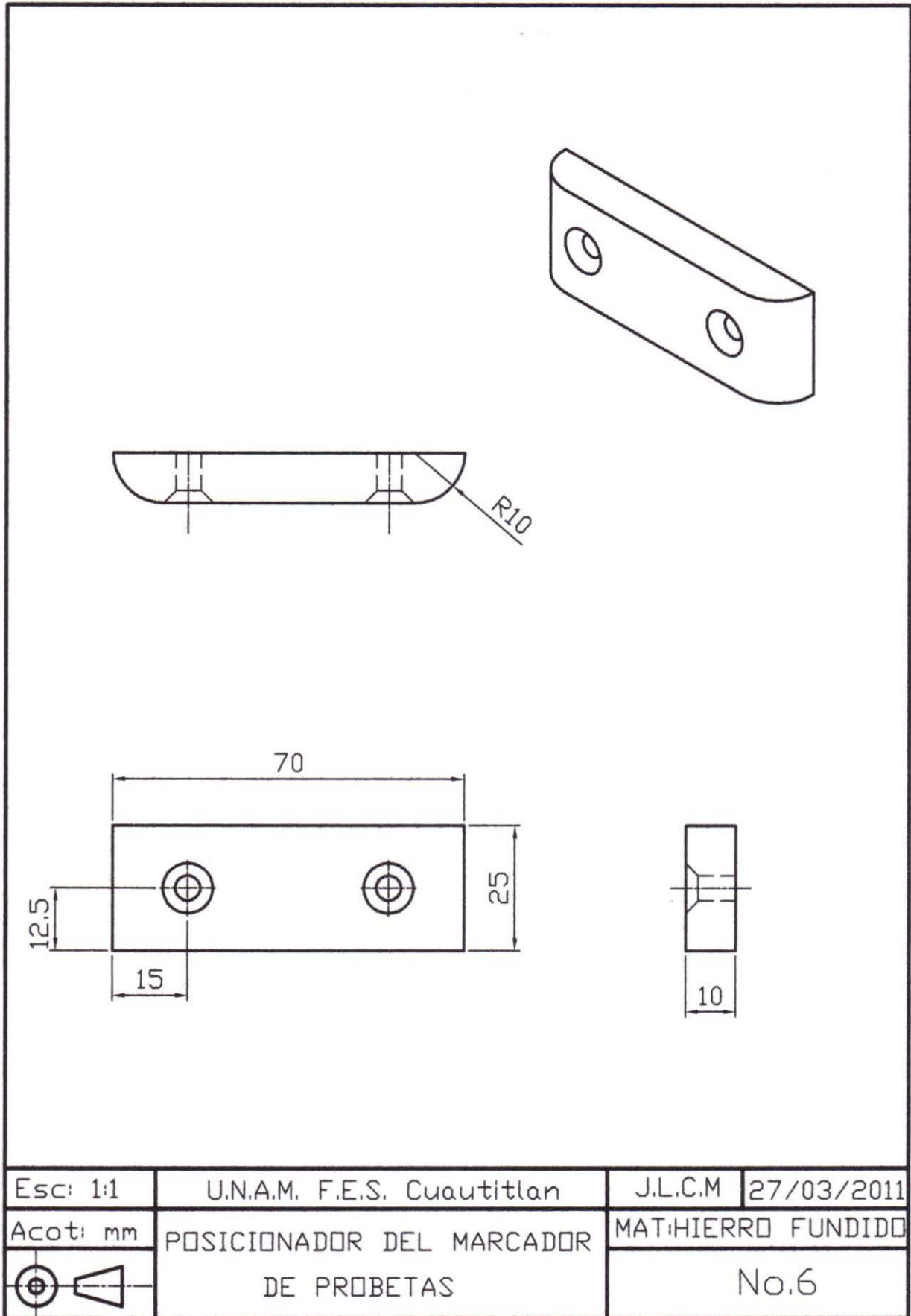


Figura 2.7. Dibujo de detalle del posicionador del dispositivo marcador de probetas

## **CAPÍTULO 3.**

### **FABRICACIÓN DEL DISPOSITIVO**

#### **3.1. Fabricación del cuerpo y la tapa**

Según la clase de herramienta o dispositivo a fabricar, en la ejecución de un proyecto se utiliza:

- Metales laminados o perfilados.
- Metales forjados.
- Elementos metálicos unidos entre sí por medio de ensambles o soldadura.
- Piezas metálicas obtenidas por fundición o colado.

Estas dos últimas constituyen en la mayoría de los casos la parte predominante de las máquinas , ya que el procedimiento de la fundición permite obtener fácil y económicamente piezas de diversas formas y tamaños y utilizar de modo conveniente algunos metales y aleaciones cuyas características particulares no los hacen aptos para la laminación , la forja o la soldadura , por ejemplo, el hierro colado.

La fundición es, por lo tanto, una industria fundamental para la construcción de máquinas y exige una amplia cultura profesional en el que se dedica a ella , pues requiere conocimientos técnicos tan diversos como son el dibujo industrial , la mecánica de los cuerpos sólidos y fluidos , la termología , la electrotecnia , la química etc. , mucha experiencia en los recursos prácticos a los que a menudo hay que recurrir , así como capacidad especial para idear y aprovechar tales recursos .

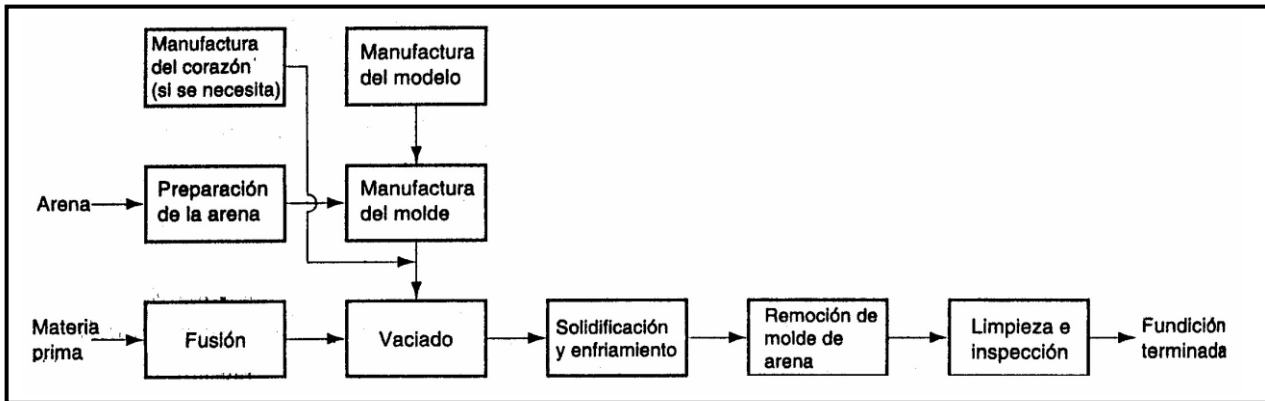
La fundición además de una industria es también un arte: el moldeador, sin más ayuda que la de un modelo y algunas herramientas rudimentarias, puede producir piezas muy complejas realizando un trabajo que puede llamarse de escultor.

Para terminar la pieza hace falta como en todos los demás procedimientos industriales, someter las materias primas ( que en este caso es el metal en bruto fundido en lingotes y la chatarra ) y las materias auxiliares (esto es, el combustible, las arenas, los aglutinantes, etc.)

### 3.2. Fundición del cuerpo y tapa del dispositivo

Por la geometría de la pieza sería más costoso, tardado y complicado fabricarse mediante algún proceso de maquinado es por ello que será fabricado mediante fundición llevándose acabo los siguientes pasos. *Figura 3.1.*

Los pasos incluyen no solamente las operaciones de fundición si no también la manufactura del modelo, corazón y del molde.



*Figura 3.1. Proceso de fundición en arena*

#### 3.2.1 Diseño y construcción del modelo

La fundición en arena requiere un modelo a tamaño natural de madera, acero, plástico, etc. Esta define la forma externa de la pieza que se pretende reproducir y que formará la cavidad interna en el molde, tal y como lo muestra la *figura 3.2.*



*Figura 3.2 Modelo del cuerpo y tapa*

En lo que atañe a los materiales empleados para la construcción del modelo, se empleará madera pero se pueden usar también desde plásticos como el uretano y el poliestireno expandido (EPS) hasta metales como el aluminio o el hierro fundido.

Para el diseño del modelo se debe tener en cuenta una serie de medidas derivadas de la naturaleza del proceso de fundición:

- Debe ser ligeramente más grande que la pieza final, ya que se debe tener en cuenta la contracción de la misma una vez se haya enfriado a temperatura ambiente. El porcentaje de reducción depende del material empleado para la fundición.

A esta dimensión se debe dar una sobremedida en el que se dé un proceso adicional de maquinado o acabado por arranque de viruta.

- Las superficies del modelo contiene unos ángulos mínimos con la dirección de desmolde (la dirección en la que se extraerá el modelo), con objeto de no dañar el molde de arena durante su extracción. Este ángulo se denomina *ángulo de salida*, este ángulos será entre 0.5° y 2°.
- Incluir todos los canales de alimentación y mazarotas necesarios para el llenado del molde con el metal fundido.
- Es necesario incluir portadas, que son prolongaciones que servirá para la colocación del corazón.

### **3.2.2 Diseño y fabricación del corazón**

La pieza que se quiere fabricar es hueca, por lo tanto, será necesario disponer machos, también llamados corazones que eviten que el metal fundido rellene dichas oquedades.

Dependiendo de la forma que se requiera el hueco, será la forma del molde para el corazón como se muestra en la *figura 3.3*. El molde para el corazón siempre debe ser ligeramente mas pequeña que la medida final, esto con el objetivo de dejar una sobre medida en las paredes del hueco que se pretende formar, para que tenga material de sobra para poder dejar la cota final mediante algún proceso de maquinado . El corazón se elaboró con arenas especiales debido a que deben ser más resistentes que el molde, ya que es necesario manipularlos para su colocación en el molde. Una vez colocado, se juntan ambas caras del

molde y se sujetan. Siempre que sea posible, se debe prescindir del uso de estos corazones ya que aumentan el tiempo para la fabricación de una pieza y también su coste.



*Figura 3.3. Caja de corazón*

Para la creación de la forma, se moldeó el corazón utilizando el proceso de silicato de sodio, el material se endurece al exponerlo al aire pero es lento para usarlo en alta producción; se pasa bióxido de carbono (gaseoso) o se mezcla un agente catalítico como lo es el ferrosilicio, siendo el tiempo de fraguado 20 minutos, en la *figura 3.4* se muestra al corazón fraguado y moldeado, un beneficio que ofrece el proceso de silicato de sodio son la rapidez con la que endurece la arena, la durabilidad del corazón, este es más resistente y no se desmorona fácilmente, a comparación de este, con otros métodos es mucho más exacto, la precisión de la forma resultante, ya que a comparación de otros métodos en este no quedan hueco o burbujas en el corazón.



*Figura 3.4 corazón moldeado y fraguado*

### 3.2.3. Preparación de la arena

Para el molde a fabricar es necesario preparar la arena, lo primero que se tiene que hacer es cernir la arena hasta que quede lo suficiente mente fina, esto con la finalidad de darle más precisión al molde a fabricar después añadiéndoles las materias adecuadas para que adquieran las propiedades convenientes para el buen éxito de la colada.



*Figura 3.5 Construcción del molde*

En el método tradicional para formar la cavidad del molde se compacta la arena alrededor del modelo en la parte superior e inferior de un recipiente llamado caja de moldeo mostrada en la *figura 3.5*. El proceso de empaque se realiza por varios métodos. El más simple es el apisonado a mano realizado manualmente por un operario y luego retirar el modelo *figura 3.6*



*Figura 3.6. Se retira el modelo para formar la cavidad*

### 3.2.4. Preparación del metal para fundir

El metal se calentará a temperatura de fusión, es decir se reducirá del estado sólido al líquido. Esta operación puede realizarse en un horno de gas, en un horno eléctrico en este caso se utilizará un horno de cubilote.

El cubilote que se presenta en la *figura 3.7* es esencialmente una versión reducida del alto horno. Su propósito es fundir el arrabio para vaciarlo en cavidades de forma controlada. Es decir, suministra hierro fundido para los procesos de fundición enumerados en el lado derecho del diagrama de flujo. El producto final puede ser hierro fundido, fundición blanca o hierro maleable.



*Figura 3.7. Horno de cubilote*

La parte inferior del cubilote está constituida por dos puertas semicirculares articuladas. El lecho de arena del cubilote se conforma en forma inclinada hasta la abertura frente de este, esta abertura también se denomina piquera de colada. Después de encender la carga del lecho (coque), se conforma de agujero de colada mezclando una parte de arcilla refractaria, cada tipo de horno posee sus características, sus ventajas, sus inconvenientes, sus exigencias y sus aplicaciones particulares.

### 3.2.5. Colada

Cuando el molde esta repasado y cerrado sólidamente se ponen sobre los moldes 1 o 2 bloques de acero de hasta 10 kg. de peso de tal modo que resista la presión metalostática, una vez que se encuentren bien sellados los moldes, como lo muestra la *figura 3.8* se puede introducir en el mismo el metal fundido a través de una o más aberturas de colada (bebedero) previamente dispuestos en el molde.



*Figura 3.8. Colada*

Después de la colada, se debe esperar que la pieza se solidifique y se enfríe en el molde .Las piezas pequeñas de molde especial las que se vacían en moldes de coquilla, se solidifican y enfrían en pocos instantes.

Las coladas más grandes en moldes de arena requieren algunas horas más o menos, según sus dimensiones en cuanto a las piezas macizas de gran tamaño no son accesibles a las operaciones posteriores más que al cabo de algunos días.

### 3.2.6. Desmolde

Cuando la pieza se ha solidificado y enfriado hasta el punto de poder ser manipulada sin peligro para la persona que lleve a cabo el desmolde. Después de levantar la caja se rompe el molde de arena con martillos o mazo según se requiera, tratando de no golpear la pieza o de fracturarla. En la *figura 3.9* se muestra el desmolde del dispositivo marcador de probetas.





**Figura 3.9. Desmolde**

### **3.2.7. Limpieza**

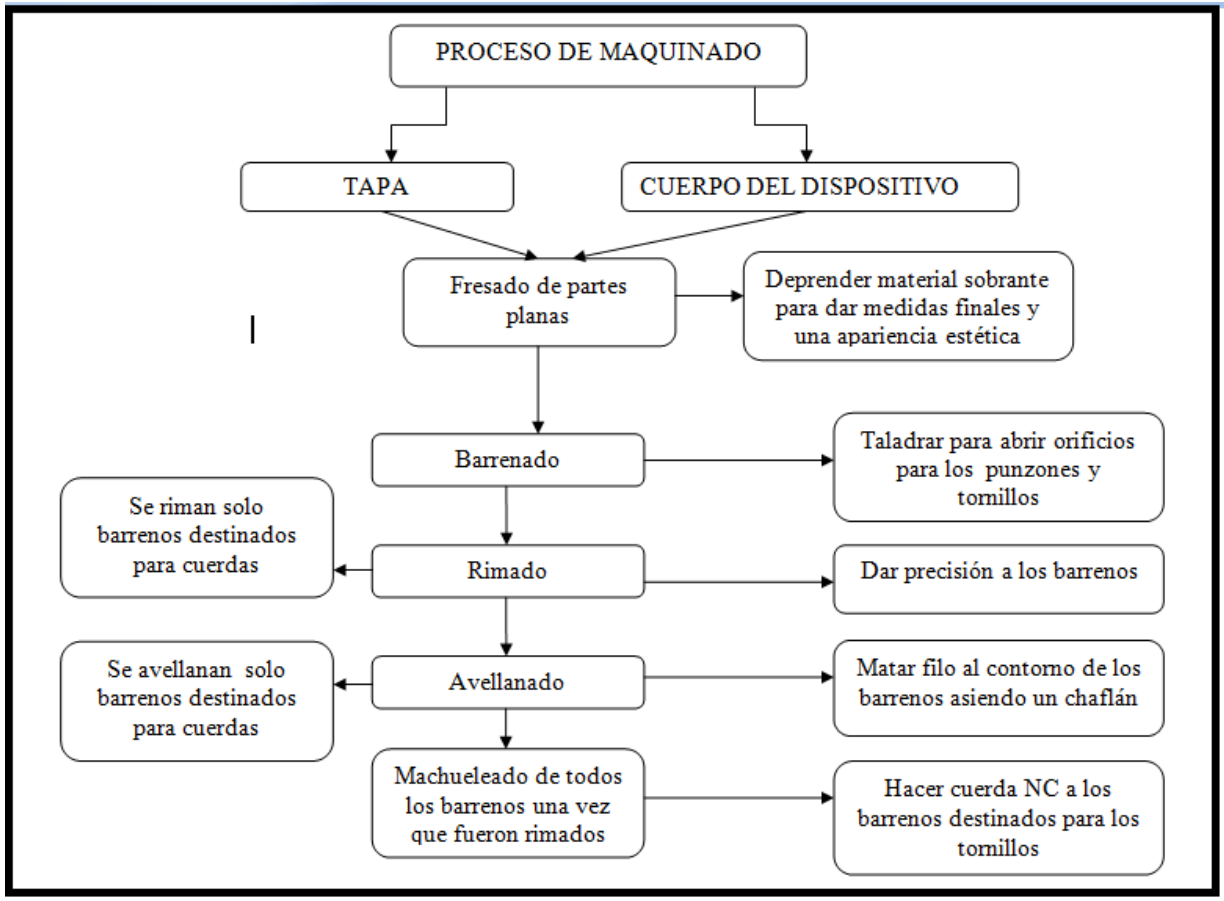
La pieza extraída del molde está áspera, tiene incrustaciones de arena y las rebabas que corresponden a las juntas de la caja o de la coquilla y lleva unidos todavía bebederos, cargadores y mazarotas. Es necesario pulir la pieza, desprender los bebederos y los cargadores, desbarbarla, limpiarla con el chorro de arena etc., al objeto de mejorar su aspecto y hacerla apta para los procesos sucesivos.

Algunas veces las piezas han de ser sometidas a tratamientos térmicos (al recocido, el acero y el hierro fundido colado en la coquilla; al reposo o maduración artificial., y al tratamiento térmico, las aleaciones de aluminio) o ser recubiertas por materiales protectores especiales.

## **3.3. Mecanizado**

### **3.3.1. Maquinado de la tapa y cuerpo del dispositivo**

El diagrama que muestra la *figura 3.10* muestra el proceso que se siguió al maquinar algunas piezas destinadas a la fabricación del dispositivo y que requirieron algún tipo de maquinado ya sea barrenado o desbaste para mayor precisión en sus dimensiones pasan finalmente al taller para su mecanización por medio de máquinas herramienta. En este caso la primera operación será el fresado de todas las partes planas el primer objetivo es quitar todas las asperezas, que son las costras dejadas por la fundición y las deformidades que de ella hayan provengan, además a todos los elementos que fueron dejados con un mayor espesor, a estos se les dará la medida final, *figura 3.11*.



*Figura 3.10. Proceso de maquinado de la tapa y el cuerpo del dispositivo*



*Figura 3.11. Fresado de la base del dispositivo marcador de probetas*

Además de la base, la tapa, y el posicionado de aluminio serán fabricados con ayuda de la fresadora, esto con el objetivo de obtener mayor precisión en sus espesores y una presentación mas estética, una vez que todas la partes planas del cuerpo del dispositivo así como las dos

caras de la tapa fueron fresados, esto quiere decir que con ayuda de un cortador de carburo de tungsteno quitaron todas las irregularidades en las superficies, para que embonen perfectamente se procede a barrenarlo

Barrenado: El diámetro de la broca que hay que taladrar previamente el agujero antes de roscar suele ser el diámetro interior del macho, o sea el diámetro nominal de la rosca menos el paso de la rosca

Avellanado: Se lleva cabo con un avellanador mediante un rebaje cónico que sea igual a la cabeza del tornillo.

Roscado: El roscado a mano consta de un juego de tres machos que tienen que pasarse sucesivamente de la siguiente forma.

1. El primer macho es el que inicia y guía la rosca. Tiene una entrada muy larga en forma cónica y ningún diente acabado
2. El segundo macho desbasta la rosca. Tiene una entrada media con dos hilos completos
3. El tercer macho acaba y calibra la rosca. Entrada corta.(También se puede emplear como macho de máquina)

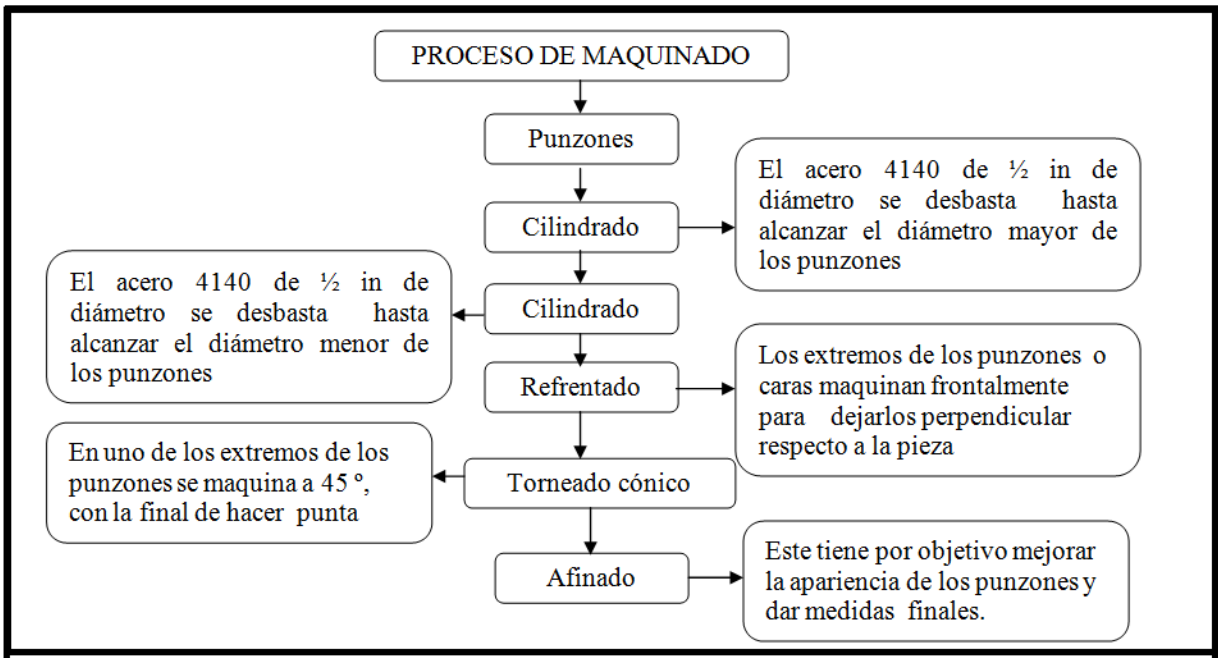
Rectificado: Esto con el fin de obtener una superficie lisa, libre de asperezas, solo en partes que así lo requieran. Esta mecanización tiene por objeto dimensionar exactamente la pieza desbastando solo milésimas de pulgada como lo muestra la *figura 3.12* para que las varias partes ajusten cinemáticamente y asegurar con ello el perfecto funcionamiento del dispositivo.



**Figura 3.12 Rectificado de la tapa del dispositivo**

### 3.3.2. Maquinado de punzones

En la figura 3.13 se describe detalladamente cada paso en la fabricación de los punzones y para ello se empleó un acero SAE 4140 el cual tiene condiciones adecuadas para ser maquinado y para después ser templados, ya que contiene 0.4% de carbono.



*Figura 3.13 Proceso de maquinado para fabricar punzones*

Los punzones se maquinaron entre puntos, debiéndose mencionar que este procedimiento solo se utiliza para trabajos exteriores. La pieza va montada entre el punto y el contrapunto como lo muestra la *figura 3.14*. La pieza antes de colocarla tal como se describe, debe tener hechos dos marcas en cada cara de la flecha a maquinar con la broca de centros esto con el fin de que asiente el contrapunto y el punto.



*Figura 3.14. Maquinado de punzones entre puntos.*

La primera operación será el cilindrado esta operación consiste en la mecanización exterior a la que se somete a la pieza que tienen mecanizados cilíndricos. Para poder efectuar esta operación, con el carro transversal se regula la profundidad de pasada y, por tanto, el diámetro del cilindro, y con el carro paralelo se regula la longitud del cilindro. El carro paralelo avanza de forma automática de acuerdo al avance de trabajo deseado. En este procedimiento, el acabado superficial y la tolerancia que se obtenga puede ser un factor de gran relevancia. Para asegurar calidad al cilindrado el torno tiene que tener bien ajustada su alineación y concentricidad.

El cilindrado se puede hacer con la pieza al aire sujeta en el plato de garras, si es corta, o con la pieza sujeta entre puntos y un perro de arrastre, o apoyada en luneta fija o móvil si la pieza es de grandes dimensiones y peso. Para realizar el cilindrado de piezas o ejes sujetos entre puntos, es necesario previamente realizar los puntos de contraje en los ejes.

Refrentado:

La operación de refrentado consiste en un mecanizado frontal y perpendicular al eje de las piezas que se realiza para producir un buen acoplamiento en el montaje posterior de las piezas torneadas. La problemática que tiene el refrentado es que la velocidad de corte en el filo de la herramienta va disminuyendo a medida que avanza hacia el centro.

Torneado cónico:

Las superficies cónicas con inclinaciones en las puntas de los punzones pueden mecanizarse girando el carrillo superior del carro con el portaherramientas a un ángulo  $\alpha$  igual a  $45^\circ$  que es inclinación del cono que se elabora. El avance de la cuchilla se opera a mano (mediante la manivela de desplazamiento del carrillo superior), lo cual es un defecto de este procedimiento, puesto que la irregularidad del avance manual conduce al aumento de la rugosidad en la superficie labrada. De acuerdo con el procedimiento indicado se mecanizan las superficies cónicas, cuya longitud es conmensurable con la de la carrera del carrillo superior.

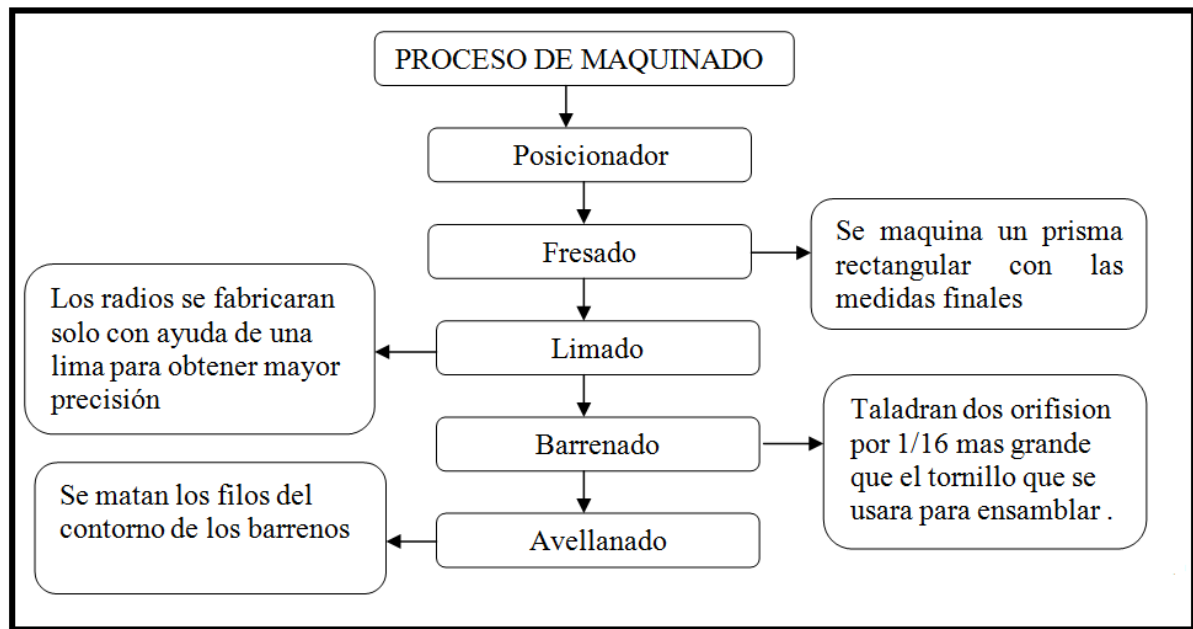
Afinado:

El objetivo del maquinado fino consiste en obtener superficies de pequeña rugosidad (aspereza) con forma y dimensiones precisas. Si la rugosidad requerida de la superficie no

puede obtenerse, con una cuchilla normal ordinaria, se deben utilizar buriles destinados sólo para el maquinado fino.

### 3.3.3. Maquinado de posicionador

Para la fabricación del posicionador se utilizo de material aluminio y siguiendo el proceso descrito en la *figura 3.15*.



*Figura 3.15 Proceso de maquinado del posicionador*

### 3.4. Diseño de un resorte de compresión

El diseño de los resortes se puede dividir en tres etapas:

1. Diseño preliminar del resorte.
2. Diseño detallado del resorte.
3. Verificación dinámica y especificaciones de construcción.

#### 1.-Diseño Preliminar del resorte

Aquí se procede a diseñar el resorte en sus dimensiones generales, para luego verificar si cumple en cuanto a resistencia y su factor de seguridad, que debe ser mayor que "1". Por cuanto los pasos dentro de esta etapa serán:

- Determinar el tipo de movimiento.

- Determinar las fuerzas máximas y mínimas del resorte, o alternantes y medias si es el caso de fatiga.
- Calcular el Índice del resorte [ $C=D/d$ ]

## **2.- Diseño detallado del resorte.**

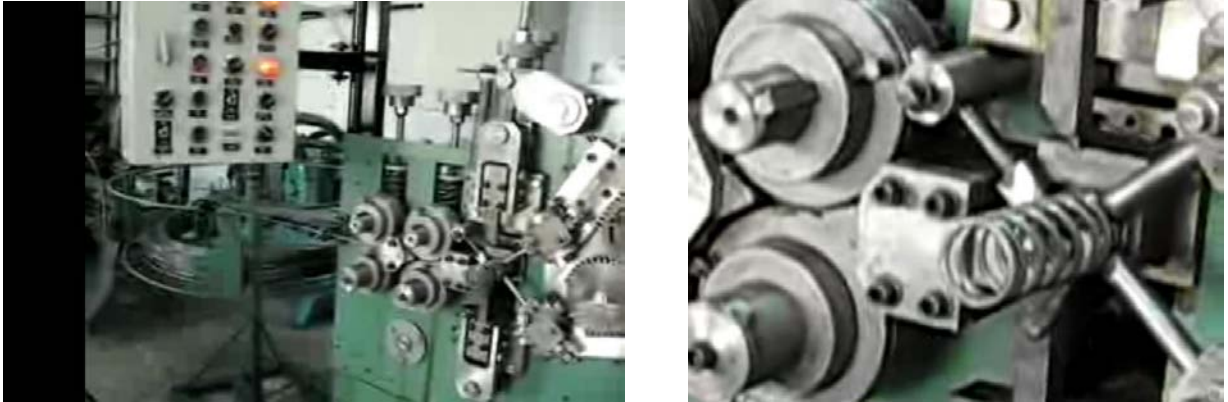
- Se detalla las características del resorte:
- Definición de los parámetros del resorte.
- Cálculo de la constante del resorte.
- Obtención del número de espiras, Longitud de cierre.
- Determinación de las deformaciones iniciales y deformación de operación.
- Determinación de la deformación hasta el cierre o golpe.
- Cálculo de la longitud libre del resorte.
- Obtención de la deformación total y la fuerza hasta el cierre del resorte.

## **3.-Verificación dinámica y especificaciones de construcción.**

- Finalmente se verifica algunos parámetros en el resorte:
- Verificación al pandeo.
- Determinación de la frecuencia natural del resorte.

## **4.-Fabricación de resortes de compresión**

Los resortes fueron fabricados con ayuda de la trefiladora mostrada en la *figura 3.16* de acuerdo al diámetro de los punzones, esta trefiladora enrosca de forma automática alambres de diámetro  $1/32$  hasta  $1/4$  de pulgada, esto gracias a la potencia que brinda el motor con el que cuenta, la precisión del diámetro interior la da el husillo donde un opresor estrangula a alambre, el husillo lo hace enroscarse en el contorno de husillo, mientras cuatro guías dan la precisión del diámetro exterior y la separación entre espiras, el largo del resorte.



*Figura 3.16. Generadora de resortes*

Las características de resortes de compresión usado en el dispositivo marcador son de:

- Espiral abierta
- Con forma helicoidal
- Se enroscan con un diámetro constante 80mm
- Alambre redondo de calibre 5/32 de pulg.
- Cuenta con un recubrimiento electrolítico (Tropicalizado)

Los extremos de los resortes de compresión con tienen forma de base para incrementar la vida operativa y para permitir que el resorte se asiente bien en la superficie que soporta la carga. La base incrementa también la cantidad de espirales activas y el diámetro del alambre disponible en un volumen dado de espacio, lo que puede dar por resultado cargas mayores o menor tensión.

El tamaño de los materiales utilizados oscila entre las 0.045 y 0.050 pulgadas Aunque se puede utilizar cualquier material para fabricar muelles helicoidales, formas de alambre y piezas estampadas, los materiales estándar que se utilizan en la fabricación de resortes son: Acero de alto y medio contenido de carbono (el contenido de carbono, depende de cuál sea la dureza resorte en un resorte), acero al carbono niquelado, aleaciones inoxidable, metales no ferrosos.

### **3.5. Endurecimiento superficial**

A las únicas piezas a las que se les aplicó un tratamiento térmico fueron los punzones que marcarán la probetas, para ello tendrán que ser golpeadas con un martillo, la finalidad de alargar la vida útil de los punzones y que puedan marcar sin abollarse y así perder el filo de las



puntas, las probetas serán fabricadas con acero AISI 4140, el cual contiene 0.4% de carbono, la dureza del acero antes de ser templado y revenido es de 8 RC cómo lo muestra la *figura. 3.17*.



***Figura 3.17. Dureza de los punzones antes de ser templados***

Los punzones fueron introducidos a un horno de inducción mostrado en la figura 3.18. Los punzones son de acero aleado, este tipo de acero tiene el porcentaje suficiente de carbono para ser usado frecuentemente en el temple, esto gracias a que puede endurecer al calentarse hasta su temperatura crítica, la cual se adquiere aproximadamente entre los (790 a 830 °C) lo cual se identifica cuando el metal adquiere el color rojo cereza brillante. Cuando se calienta el acero la perlita se combina con la ferrita, lo que produce una estructura de grano fino llamada austenita. Cuando se enfría la austenita de manera brusca con aceite o se transforma en martensita, material que es muy duro y frágil.



***Figura 3.18 Horno de inducción***

Después que se ha endurecido los punzones, el material se hace muy quebradizo o frágil lo que impide su manejo pues se rompe con el mínimo golpe debido a los esfuerzos internos generados por el proceso de endurecimiento. Para contrarrestar la fragilidad debe aplicarse un tratamiento llamado revenido del acero. Este proceso hace más tenaz y menos quebradizo el acero aunque pierde algo de dureza. El proceso consiste en limpiar la pieza con un abrasivo para luego calentarla hasta la temperatura 335°C a 700°C, como lo muestra la *figura 3.19* para después enfriarla con rapidez en el mismo medio que se utilizó para endurecerla.



**Figura 3.19** Temperatura de revenido

La dureza que alcanzaron los punzones una vez que fueron templados y revenidos fue 35RC tal como lo muestra la *figura 3.20*



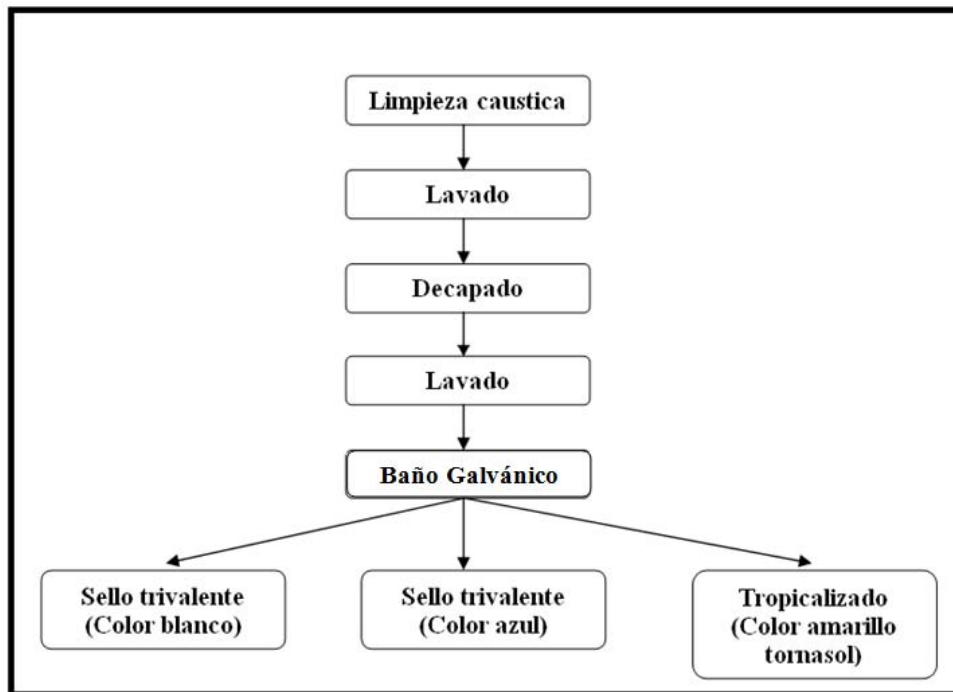
**Figura 3.20.** La dureza del punzón después de haber sido templado fue de 35 RC

### 3.6. Recubrimiento electrolítico

Para evitar la corrosión y alargar el tiempo útil en todos los elementos del dispositivo marcador de probetas se les aplicó una protección electrolítica, según la pieza, su función que desempeñe y el metal del que este fabricado será el recubrimiento que se le aplique la siguiente tabla muestra cada una de las piezas :

<b>Pieza</b>	<b>Material</b>	<b>Recubrimiento</b>	<b>Espesor del recubrimiento</b>
Tapa	Hierro fundido	Galvanizado (azul)	8 $\mu$
Punzones	Acero ANSI 4140	Tropicalizado	6 $\mu$
Cuerpo	Hierro fundido	Galvanizado (blanco)	8 $\mu$
Tornillo opresor	Acero AISI 1018	Tropicalizado	4 $\mu$
Posicionador de probeta	Aluminio	Anodizado	6 $\mu$

El proceso para recubrir las piezas que son de metales ferrosos se describe en el diagrama de la *figura 3.21*. Las piezas a las que se les aplicó el recubrimiento son: tapa, punzones, cuerpo y el tornillo opresor se realiza de la misma manera lo único que marca la diferencia es el color final, que este se logra con el sello trivalente que se aplica al final del proceso



*Figura 3.21. Proceso de galvanizado*

Aunque el proceso es bastante simple, todas las etapas deben ser rigurosamente controladas si se quiere obtener un recubrimiento de óptima calidad y que sea capaz de dar la protección especificada en el cuadro anterior.

### **Descripción de las etapas del proceso de galvanizado de las piezas del marcador de probetas:**

#### **Limpieza caústica**

Las soluciones que se usaron son soluciones de compuestos desengrasantes alcalinos. Su finalidad es remover de la superficie de todas las piezas residuos de aceite, grasa soluble. Aunque existen soluciones desengrasantes del tipo ácido, las alcalinas son ampliamente preferidas por ser de menor costo y más eficientes además de que son menos agresivos con el ambiente.

#### **Lavado**

Todas las piezas se enjuagaran en agua limpia para evitar el arrastre de líquido de la limpieza caústica al decapado este paso es de suma importancia de lo contrario las soluciones del decapado se contaminaran y loa ácidos no removerán eficientemente los óxidos de las piezas.

#### **Decapado**

Las sustancias usadas para la remoción de toda impureza encontrada en las piezas o comúnmente llamado *decapado* son soluciones en base a Ácido Clorhídrico, que tienen la finalidad de remover los óxidos de la superficie del acero. Los decapados en base Ácido Clorhídrico son los más usados, ya que operan a temperatura ambiente y tienen un menor impacto de contaminación en las etapas posteriores. Es imprescindible la adición de un aditivo que contenga inhibidor para que el ácido no disuelva el acero, solamente los óxidos, que evite la emanación de neblina ácida e idealmente ayude en limpieza adicional del metal.

#### **Enjuague**

Enjuague en agua limpia para evitar el arrastre de ácido y hierro en solución, los cuales contaminan el prefluxado y el zinc fundido del crisol de galvanización. Existen aditivos que

ayudan a disminuir el arrastre de estos contaminantes lo que los hace menos agresivos con el medio.

### **Baño Galvánico**

Después de la limpieza completa de la superficie a recubrir de cualquier tipo de grasa u óxido metálico, se somete a un proceso de electrodeposición con un material que le da las propiedades anticorrosivas y decorativas deseadas.

En el caso de los recubrimientos electrolíticos, el mecanismo de recubrimiento consiste en sumergir la superficie a recubrir, limpiada previamente por alguno de los procedimientos citados anteriormente, en un electrolito adecuado, que posee los iones del metal que se va a depositar, la pieza a recubrir constituye el cátodo de la cubeta electrolítica.

Por otro lado, el ánodo está formado por barras de gran pureza del metal de deposición, la misión del cual es mantener constante la concentración de los iones metálicos en el electrolito.

### **El espesor del recubrimiento**

<b>Pieza</b>	<b>Tiempo dentro del Baño galvánico</b>	<b>Espesor del recubrimiento en micras (<math>\mu</math>)</b>	<b>Recubrimiento</b>
Tapa	1 hora	8 $\mu$	Galvanizado (azul)
Punzones	45 min	6 $\mu$	Tropicalizado
Cuerpo	1 hora	8 $\mu$	Galvanizado (blanco)
Tornillo opresor	30 min	4 $\mu$	Tropicalizado

El espesor del recubrimiento se regula por variación de la intensidad de la corriente empleada y de los tiempos que dura el proceso en el cuadro anterior se muestra el tiempo además del espesor. Hay que resaltar, también, la presencia de agentes diversos humectantes, abrillantadores, complexants, que, en diversas funciones, forman también parte del baño.

## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS

El dispositivo para el marcado de probetas para la prueba de tensión ya terminado se muestra en la *figura 4.1*.



*Figura 4.1. Dispositivo ya terminado*

Para comprobar su óptima funcionalidad se procedió al marcado de 2 probetas: una de aluminio y otra de acero, las cuales se muestran en la *figura 4.2*.



*Figura 4.2 Probetas de aluminio y de acero 1018*

El procedimiento para el marcado de las probetas es el siguiente:

Se limpia la probeta de rebabas, grasa, o solubles provenientes del maquinado para después sea entintada la probeta con tinta para maquinados preferentemente, pero también se puede pintándola con un marcador de tinta permanente esto con el propósito de que las marcas que dejaran los punzones sean lo más visibles posibles como lo muestra la *figura 4.3*.



***Figura 4.3 Probetas entintadas***

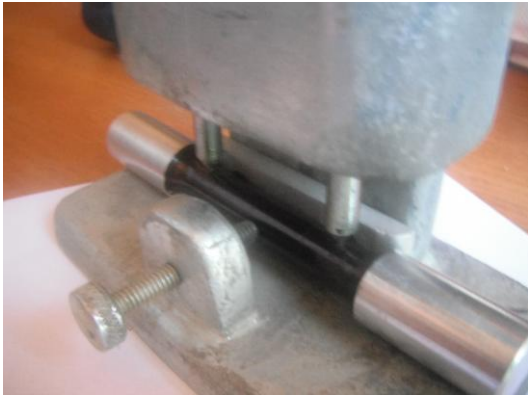
Una vez que las probetas fueron limpiadas y entintadas se procede a colocarlas en el marcador de probetas, estas solo se ponen debajo de los punzones y al apretar el Tornillo opresor automáticamente la probeta se posiciona a la distancia adecuada la cual según *la norma. ASTM A 371* la distancia entre puntos debe de ser de 50mm y justo a la mitad del diámetro menor de la probeta el cual es de 12mm esto lo podemos observar en la *figura 4.4*.



***Figura 4.4 Probeta posicionada e inmovilizada***

Una vez que el tornillo opresor está bien apretado, los punzones son golpeados con un martillo como lo muestra la *figura 4.5*, la probeta se retira del dispositivo marcador de probetas para

que con ayuda de un instrumento de medición se corrobore la precisión del marcado para satisfacer los requerimientos de la norma ASTM A375.

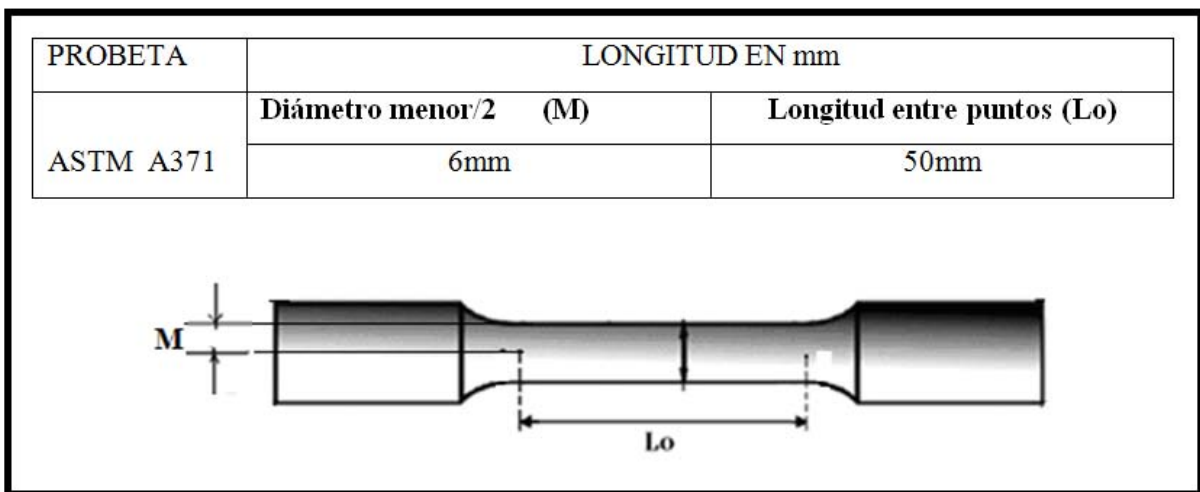


**Figura 4.5** Punzones marcando la probeta



**Figura 4.6** Probetas marcadas

Al medir las marcas dejadas por el dispositivo con ayuda de un calibrador de vernier, se corroboró que la distancia entre las marcas que dejaba cada punzón eran de 50mm, tomando como referencia la mitad de la probeta eran 25mm y justo a la mitad del diámetro menor 6mm.



**Figura 4.7** Posición de las marcas

Teniendo como resultado unas marcas claras, visibles y en la posición correcta, cumpliendo así con la norma ASTM A 371. *Figura 4.7* .La única diferencia entre las dos probetas usadas en las pruebas (probeta de aluminio y de acero 1018) fue la profundidad de la marca. *Figura 4.6*.



## CONCLUSIONES

Después del trabajo realizado se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- El diseño de esta nueva herramienta facilitará que se incremente la precisión de un trabajo (marcar las probetas para la prueba de tensión) aportando una solución constructiva.
- Para la fabricación o modificación de cualquier diseño, es necesario la realización de los planos donde estarán concentradas todas las dimensiones y características técnicas de la pieza.
- Para encontrar los métodos más sencillos y económicos para fabricar cualquier diseño es necesario una investigación y redacción previa, ya que con estos documentos técnicos, nos auxiliaremos al momento de la fabricación.
- El uso de algún recubrimiento galvánico, es necesario para que el diseño tenga una apariencia más estética y alargar su tiempo de vida útil.
- La importancia en la elección de los materiales para cada uno de los elementos para que sea capaz de soportar el trabajo al que será sometido tomando en cuenta el costo de cada uno de ellos, para que el dispositivo resulte lo más económico.

## GLOSARIO

### A

**Avellanado:** Se conoce como avellanado y también como chaflanado o achaflanado a una operación de mecaniza donde se le matan los filos al contorno de los barrenos, que se realiza tanto en los agujeros como en esquinas rectas.

**Agente Catalítico:** Aumentan la velocidad de un proceso para llegar a un fin

### B

**Bebedero:** Es un conducto en forma de embudo por donde se vierte el material fundido con objeto de rellenar el molde.

### C

**Coquilla:** Coquilla es un molde metálico que se utiliza para obtener un gran número de piezas idénticas. Tiene dos partes: el cuerpo del molde que reproduce la pieza y los machos o núcleos, que nos permiten obtener las cavidades o entrantes de las piezas. El cuerpo siempre es metálico y los machos pueden serlo o no.

**Coque:** Combustible sólido que se obtiene del carbón mineral natural al someterlo a altas temperaturas.

### D

**Dureza:** Es la capacidad de una sustancia sólida para resistir deformación o abrasión de su superficie. Se aplican varias interpretaciones al término en función de su uso. En mineralogía, la dureza se define como la resistencia al rayado de la superficie lisa de un mineral.

### E

**Extensómetro:** Para la medición de las deformaciones en las probetas se usa un instrumento denominado extensómetro, el cual se fija por sus propios medios a las probetas.

**Electrolito:** Un electrólito es cualquier sustancia que contiene iones libres, los que se

comportan como un medio conductor eléctrico. Debido a que generalmente consisten de iones en solución, los electrólitos también son conocidos como soluciones iónicas, pero también son posibles electrolitos fundidos y electrolitos sólidos

### F

**Fusible mecánico:** Elemento de mecanismo que se encuentra en la unión de dos o más elementos, un elemento que produce el par o la fuerza de torsión y otro que convierte energía mecánica a eléctrica, mecánica, a mecánica y se rompe cuando la fuerza aplicada sobrepasa sus límites sirviendo como mecanismo de seguridad para el resto del mecanismo

### M

**Mazarotas:** Es una especie de embudo de pequeñas dimensiones, que se encuentra en comunicación con el molde y que tiene como objeto asegurar su completo llenado y permitir la evacuación de gases de su interior.

Además de contener material para extra para evitar rechupes o huecos en pieza.

### P

**Perro de Arrastre:** Uno de los fijadores más conocidos y utilizados son los de plato, los que pueden ser cerrados o abiertos, conocidos como perro de arrastre. Por lo regular son utilizados para el trabajo en torno de puntas o los sistemas divisores de las fresas.

### R

**Rimado:** O escariado, procedimiento para dar el tamaño exacto a un barreno y producir un buen acabado.

**Resinas Fenolicas:** Dentro del grupo de las resinas termoestables, además de las resinas

epoxídicas se encuentran las resinas fenólicas, las cuales son las más utilizadas en la industria metalmecánica, aeronáutica automotriz sus características principales son:

Pueden soportar altas temperaturas (más de 250°C). Presentan propiedades mecánicas inferiores a las epoxídicas. Son bastante resistentes a disolventes acuosos.

## S

**Sello Trivalente:** Es un color determinado, protege a la capa de zinc de la oxidación (también conocida como oxidación blanca), con lo cual se retrasa, también, la aparición de oxidación en el metal base (también conocida como oxidación amarilla).

## **BIBLIOGRAFÍA**

1.-Ingeniería de manufactura

Ing. Ulrich Scharer Sauberli

Compañía Editorial Continental. México 1984

2.- Fundamentos de manufactura moderna. Materiales, Procesos y Sistemas.

Miker Groover

Prentice-Hall Hispanoamérica S.A . México 1997

3.- Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales

William D. Callister, Jr.

Editorial Reverte. España 1995.

4.-Ciencia e ingeniería de los materiales

Danald Askeland.

Internacional Thomson Editores. México 1998.

5.-Procesos para ingeniería de manufactura.

Leo Alting.

Editorial Alfaomega. México 1990

6.- Diseño de maquinaria

Robert L Norton

Ed. Mc Graw-Hill. México. 1995

7.- Procesos de manufactura.

John A. Schey, León Cárdenas

Ed. Mc Graw Hill. México. 2002.

8. - Proceso de manufactura y materiales para ingenieros.  
Lawrence E. Doyle  
Ed. Diana. México. 1980.

9. - Tecnología de las máquinas herramientas  
Steve Krar, Albert Check  
Alfaomega Grupo Editor. México. 2003

10.- Procesos de manufactura  
B. H. Amstead, Phillip F. Ostwald, Myron L. Begeman  
Compañía Editorial Continental. México. 1981