

2ej 134



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**CARACTERISTICAS MECANICAS Y METALOGRAFICAS PARA LA ACEPTACION DE LA MATERIA PRIMA PARA LA FORJA EN FRIO DE TORNILLOS.**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A :  
JOAQUIN VILLASIS SIMON

México, D. F.

1981



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

**CARACTERISTICAS MECANICAS Y METALOGRAFICAS PARA LA ACEPTACION  
DE LA MATERIA PRIMA PARA LA FORJA EN FRIO DE TORNILLOS**

**INTRODUCCION**

**CAPITULO I**

**TERMINOS RELACIONADOS CON TORNILLOS, ESTANDARES, GRADOS DE  
RESISTENCIA Y USOS RECOMENDADOS. Págs.**

1.1. Glosario de los términos para sujetadores mecánicos o tornillos. ....	4
1.2. Términos generales relacionados con los sujetadores - o tornillos. ....	4
1.3. Definiciones referentes a tornillos. ....	5
1.4. Especificaciones para la identificación entre pernos y tornillos. ....	26
1.5. Estandares de pernos y tornillos de cabeza hexagonal. .	30
1.6. Valores de torque, marca de grados de resistencia y usos recomendados. ....	39

## CAPITULO II

### PROCESOS DE LA FORJA EN FRIO DE TOR. Y MAQ. MAS USUALES

11.1.	Procesos de la forja en frío de tornillos.....	41
	a) Tolerancia	
	b) Análisis químico	
	c) Análisis físico	
	d) Análisis metalográfico	
11.2.	Procesos de manufactura.....	46
11.3.	Operaciones realizadas en una máquina forjadora en frío.	53
11.4.	Rolado de las roscas.....	57
11.5.	Máquinas para forjado en frío.....	61
	a) Partes principales de la máquina	
	b) Tipo de máquinas utilizadas	
	c) Especificaciones de las máquinas forjadoras	
11.6.	Equipo para rolado de la cuerda del tornillo..	73
11.7.	Herramientas para el cabeceado de tornillo en frío, en máquinas progresivas.....	76
11.8.	Criterio e seguir en la fabricación de la - cabeza de botón.....	93
11.9.	Criterio para diseñar la herramienta empleada en la extrusión.....	95
11.10.	Diseño de las herramientas utilizadas para - fabricar tornillos de cabeza hexagonal.....	102

## CAPITULO III

### DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS MECANICAS Y METALOGRAFICAS DE LA MATERIA PRIMÁ.

III.1.	Análisis químico .....	117
III.2.	Pruebas mecánicas .....	117
	a) Pruebas de dureza	
	b) Pruebas de tracción	
	c) Pruebas de recalado	
III.3.	Análisis metalográfico .....	122
	a) Inclusiones	
	b) Decarburación	
	c) Porcentaje de esferoidizado	
	d) Tamaño de grano	
	e) No. de glóbulos / cm <sup>2</sup>	
III.4.	Comentarios a las pruebas realizadas .....	131
	a) Prueba de recalado	
	b) Análisis metalográfico	
	c) Porcentaje de esferoidizado	
	d) Alambre de importación	
III.5.	Comentario de la vida de las herramientas .....	141
III.6.	Conclusiones .....	143
III.7.	Sugerencias .....	145

## I N T R O D U C C I O N

El objeto del siguiente trabajo, es el de realizar un estudio, sobre la materia prima que se utiliza para la fabricación de tornillos por el proceso de la forja en frío, en la fábrica de tuercas y tornillos RASSINI RHEEM, S.A. de C.V.

Debe aclararse que en esta fábrica se utiliza, materia prima nacional y de importación en forma de rollos de alambre; siendo la primera la que presenta problemas en el proceso de fabricación.

La materia prima que se estudiará será exclusivamente aquella que se utiliza para la fabricación de tornillos CAP grado 5 y grado 8, que corresponden a la clasificación SAE 1038, 1041 y 8740 respectivamente, ya que en esta clase de aceros es donde se presentan los problemas más frecuentes para el formado de tornillos.

El acero tanto nacional como de importación, deben venir con un recocido de esferoidizado, ya que en estas condiciones presentan las mejores características para la forja en frío.

Con la materia prima de importación, no existe problema en el proceso de fabricación; por lo cual se tomará como referencia para comparar las características mecánicas y metalográficas de la materia prima nacional, sobre todo para comparar el % de esferoidizado, tamaño del glóbulo y número de glóbulos que puede existir en un área determinada; además, se hará uso de las normas A.S.T.M., correspondientes a cada una de las características que ambas materias primas deben de cumplir.

Algunas características tales como la dureza y el % de esferodizado, influyen directamente en la vida de las herramientas, dados, cabeceadores y matriz de corte, siendo en esta última donde se manifiesta inmediatamente la calidad de material, ya que si viene con mayor dureza la matriz de corte se desgasta o despostilla con mayor frecuencia. La calidad del material influye también en la fuerza necesaria para hacer fluir el material, variando por lo tanto el forzamiento de la máquina; influirá también en el tratamiento térmico posterior.

Las muestras obtenidas fueron sacadas de los rollos de alambre (una muestra por cada rollo) que se iban trabajando en la máquina, llevándose un control de lo que pasaba con las herramientas cuando se trabajaba este material (1038, 1041 y 8740).

Debe aclararse que debido a que en las máquinas se trabajan diferentes tipos de acero tales como: 1013, 1018, 1038, 1041 y 8740 para fabricar en algunos casos un mismo tipo de tornillo en los diferentes grados (máquina, cap, grado 5 y grado 8), las herramientas utilizadas habían sido anteriormente usadas por lo cual este control fué relativo en algunos casos.

En este trabajo también se hace mención de los tipos de tornillos estandar fabricados en estos grados, así como de los tipos de máquinas utilizadas para fabricar estos tornillos (máquinas progresivas o boltmaker). Las características de diseño de las herramientas utilizadas en la fabricación de estos productos, son consideradas en uno de los capítulos.

En el capítulo tercero se muestran los resultados de las diferentes pruebas realizadas, y las conclusiones obtenidas.



## CAPITULO I

### TERMINOS RELACIONADOS CON TORNILLOS, ESTANDARES, GRADOS DE RESISTENCIA Y USOS RECOMENDADOS.

#### 1.1. Glosario de los términos para sujetadores mecánicos ó tornillos.

En este glosario se intenta presentar la nomenclatura práctica y general prevalectante en la industria, ya que esta nos da el acceso a su uso, aplicación y características generales de los sujetadores mecánicos.

Los requerimientos de los diseños mecánicos han dado por resultado una extensa variedad de tipos y tamaños de sujetadores; el gran número de productos y la variedad de nombres por los que son conocidos han hecho este glosario de su interés, los nombres de estos productos basados en la forma o en las características de ellos.

Esto hace que los nombres hayan sido algunas veces - tomados de los nombres de las máquinas, herramientas, materiales y aplicaciones usuales y otras características que la diferencian de productos similares con distinto nombre.

En la vida real y diaria del uso del sujetador, ha tomado un lugar primario en el desarrollo industrial; ya que de esto dependen varios de los desarrollos de los materiales que vienen a dar una estructuración cada día mayor al desarrollo social.

#### 1.2.- Términos generales relacionados con los sujetadores -- o tornillos.

Los siguientes términos y categorías son frecuentemente usados para definir sujetadores o tornillos.

Sujetador o tornillo.- Es un dispositivo mecánico - diseñado específicamente para unir, juntar, acoplar o ensam-

blar uno o varios elementos mecánicos. El ensamble resultante puede desarrollar una función dinámica o estática como -- una componente primaria, estructura simple o compleja. Basado en su aplicación de diseño, un sujetador recibe varios -- grados de precisión en su construcción, capacidad, seguridad adecuada de buen servicio bajo cualquier condición preestablecida.

También, como definición se entiende por sujetador, -- un dispositivo mecánico para sujetar dos cuerpos o más, con una posición definida uno con respecto del otro.

Tornillo comercial.

Es un tornillo fabricado según los estándares publicados, mantenidos en el repertorio de existencias por fabricantes y distribuidores.

El material, dimensiones y acabado de los tornillos comerciales tienen un nivel de calidad reconocida generalmente por los fabricantes y consumidores como calidad comercial.

1.3.- Definiciones referentes a tornillos

Tornillo con acabado.-

Es un tornillo hecho con tolerancias cerradas y que tiene superficies, además de las cuerdas y superficies de -- apoyo, otras superficies con acabado para proveerlas de un -- alto grado de presentación.

Tornillo semiacabado.-

Es un tornillo hecho con las mismas dimensiones básicas que las de uno con acabado, pero teniendo grandes tolerancias sobre la mayoría de las dimensiones, y solo acabado en la superficie de apoyo y en la cuerda.

**Tornillo sin acabado.-**

Es un tornillo hecho sobre las mismas dimensiones básicas, pero teniendo relativamente tolerancias más holgadas que un tornillo con acabado, y teniendo todas sus superficies en condición de formado.

**Tornillo de tensión.-**

Es un tornillo cuya función primaria es resistir fuerzas que tienden a alargarlo.

**Tornillo de alta resistencia.-**

Es un tornillo que tiene resistencia a la tensión y alta resistencia de corte obtenido por combinación de materiales, trabajos de endurecimiento y tratamiento térmico.

**Propiedades mecánicas.-**

Son aquellas que involucran una relación entre esfuerzos y deformaciones.

**Tornillo no estándar.-**

Es un tornillo que difiere en tamaño, largo, material o en acabado, de las normas estándar establecidas y publicadas.

**Propiedades físicas.-**

Son las que definen las características básicas del material del tornillo.

**Precisión.-**

Es el resultado de haber aplicado las tolerancias cerradas.

**Carga de prueba.-**

Es una carga específica que un tornillo puede resistir sin indicación de falla.

**Exámen de prueba.-**

Es un exámen específico requerido para indicar que un tornillo es apto para el propósito deseado.

**Calidad.-**

Denota la conveniencia del tornillo en el trabajo para el cual fué diseñado. La calidad no debe ser confundida con la precisión o elaboración, y tan es posible que partes precisas de buena elaboración y acabado pueden ser de pobre calidad si fallan en el desempeño de la función deseada.

**Calidad de aviación.-**

Es la aplicada a tornillos implicando que han de ser usados en aplicaciones de muy alto esfuerzo y que han de ser producidos bajo condiciones especiales y en muchos casos por métodos restringidos de fabricación é inspección.

**Tornillo al corte.-**

Es un tornillo cuya función primaria, es la de resistir fuerzas que tienden a cortarlo.

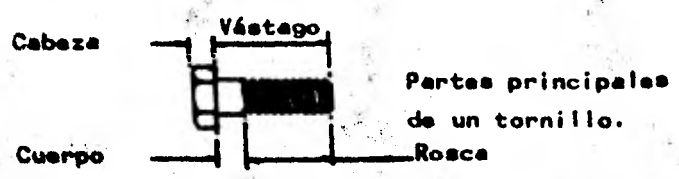
**Tornillo especial.-**

Es un tornillo que difiere en cualquier aspecto de los estándares reconocidos.

**Tornillo estándar.-**

Es un tornillo que llena todos los aspectos de los estándares reconocidos.

**Términos relativos a los componentes y construcción de tornillos.**



- Partes principales de un tornillo-

Los siguientes términos son comúnmente usados en la designación de las características componentes, y elementos de construcción de los tornillos.

**Superficie de apoyo.-**

Es la superficie de soporte de un tornillo con respecto a la parte con la cual ensambla. La carga de un tornillo es usualmente transmitida a la superficie de apoyo.

**Superficie de apoyo**



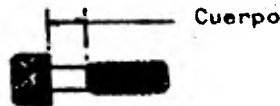
Cuerpo

**Cuerpo ajustado.-**

Es un cuerpo que tiene una interferencia definida o huelgo extremadamente pequeño con su barrano de apereamiento.

**Cuerpo externamente rebajado.-**

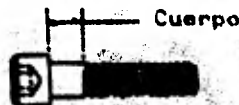
Es un cuerpo en cuya totalidad o una parte, el diámetro es reducido a uno menor que el diámetro de paso mínimo de la rosca.



Cuerpo

**Cuerpo de diámetro nominal.-**

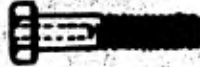
Es un diámetro del cuerpo que está generalmente dentro de los límites del diámetro exterior de la rosca.



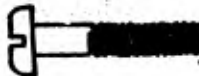
Cuerpo

**Cuerpo internamente rebajado.-**

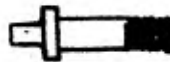
Es un cuerpo que tiene un barreno axial, a través de una porción del cuerpo.

**Cuerpo de diámetro reducido.-**

Es un cuerpo cuyo diámetro está comprendido entre el diámetro de paso mínimo al diámetro exterior mínimo de la rosca, y es común en tornillos que tienen cuerdas roladas.

**Collar.-**

Es un anillo o brida que sobresale sobre la cabeza o vástago del tornillo.

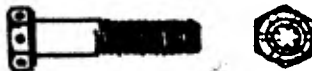


Collar

**Barrenado transversal.-**

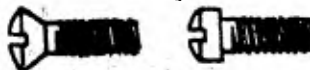
Un tornillo barrenado transversalmente tiene uno o más agujeros en la cabeza, formando ángulos rectos con el eje y normalmente interceptándolo.

Barreno en la cabeza

**Filete bajo de la cabeza.-**

Es el filete en la junta de la cabeza y el vástago de un tornillo.

Filete bajo

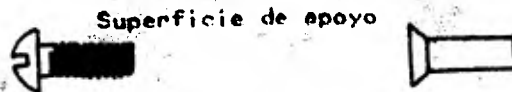


**Aleta.-**

Es una forma de cheveta bajo la cabeza de un tornillo, que sirve para prevenirlo de giros o vueltas durante el ensamble y uso.

**Diferentes tipos de cabezas de los tornillos-****Cabeza.-**

Es la forma agrandada preformada en uno de los extremos del tejo, para proveer al tornillo de una superficie de apoyo.

**Cabeza ranurada.-**

Es una cabeza que tiene una ranura centrada y a través de su superficie superior.

**Cabeza riveteada.-**

Esta cabeza tiene una superficie superior redondeada, la superficie lateral tronco-cónica y una superficie de apoyo plana, una parte de la cual es algunas veces rebajada junto al vástago.



**Cabeza de botón.-**

Es un tornillo que tiene la superficie superior redondeada delgada, con una superficie de apoyo plana y grande.



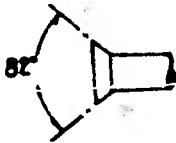
**Cabeza guillemo plana.-**

Tiene una superficie superior redonda, superficie lateral cilíndrica y superficie de apoyo plana.



**Cabeza plana.-**

Tiene una superficie superior plana y una superficie de apoyo cónico de ángulos con la cabeza entre 82 y 100 grados.



**Cabeza hexagonal.-**

Este tipo de cabeza, tiene una superficie superior plana mellada o rebajada, seis caras laterales planas y una superficie de apoyo plano.



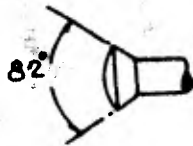


**Cabeza hexagonal con arandela.-**

Es una cabeza de arandela sobre la cual una cabeza hexagonal es formada.

**Cabeza ovalada.-**

Este tipo de cabeza tiene una superficie superior redondeada y una superficie de apoyo cónica con ángulos de la cabeza de 82 grados aproximadamente.

**Cabeza de cazoleta.-**

Tiene una superficie superior plana redondeada sobre una superficie lateral cilíndrica, y una superficie de apoyo plana. En cabezas de cazoleta ahuecadas la superficie superior es semi-elíptica, redondeada sobre una superficie lateral cilíndrica.

**Cabeza redonda avellanada.-**

Es una cabeza circular que tiene una superficie de apoyo cónica y una superficie superior plana.



**Cabeza redonda.-**

Tiene una superficie de apoyo plana, y una superior -  
semielíptica.

**Cabeza de enchufe.- (Socket).**

Tiene una superficie superior plana achaflanada con  
la superficie lateral cilíndrica, lisa o estriada y superfi-  
cie de apoyo plana. Un enchufe hexagonal o barreno (conocido  
como scanalado), es usualmente formado en el centro de la -  
superficie superior.

**Cabeza cuadrada avellanada.-**

Es una cabeza que tiene una superficie superior pla-  
na y una superficie de apoyo piramidal.

**Cabeza cuadrada.-**

Este tipo de cabeza tiene una superficie superior --  
plana, cuatro lados planos y una superficie de apoyo plana.  
la cabeza cuadrada, en opresores tiene la superficie supe -  
rior redondeada, y puede tener una construcción bajo la cabe-  
za de rebaje o de radio directamente sobre el cuerpo.



**Cabeza T.-**

Es una cabeza en forma alargada, con una superficie superior redondeada, lados planos y la superficie de apoyo plana.

**Cabeza para armadura.-**

Tiene una superficie superior baja y redonda con una superficie de apoyo plana. Para un tipo de tornillo dado, el diámetro de la cabeza es más grande que el correspondiente al de cabeza redonda.

**Cabeza de doble hexagonal (Doce puntos).-**

Tiene una superficie superior plana, veinticuatro los dos planos cortos, un collar circular en el fondo de la cabeza y una superficie de apoyo plana. Es algunas veces llamada doble hexagonal.

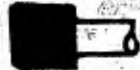
**Cabeza de arandela.-**

Es una cabeza que tiene un collar circular con una superficie de apoyo grande sobre la cual otros varios estilos de cabeza son integralmente formados.



### Cabeza de torsión.-

Es una cabeza que tiene provisión para manejarse o -  
retenerse por medio de un brazo palanca o maneral.



Torsión externa significa la aplicación de una tor -  
sión externamente de los lados de la cabeza. Torsión interna  
significa la aplicación de una torsión internamente a el en -  
chufe (Socket), cuyos lados son paralelos al eje del sujeta -  
dor.

-Términos o características especiales en algunos ti -  
pos de tornillos-

### Cuello.-

Este término define: (1) Una forma especial de una -  
parte del cuerpo del tornillo cerca de la cabeza para desem -  
peñar una función definida, tal como prevenir o impedir la -  
rotación, etc.; (2) Una reducción del diámetro en una parte -  
del vástago del pasador requerida por razones de diseño o --  
fabricación. Varios estilos de cuello son descritos e ilus -  
trados a continuación.

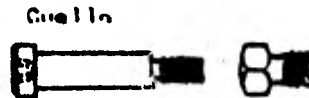
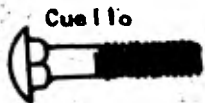


Figura (1)

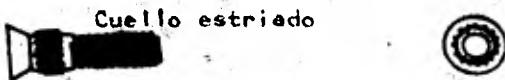
Figure (2)

**Cuello de aleta.-**

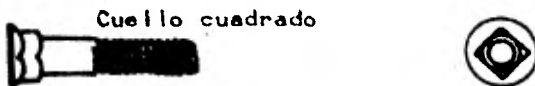
Es un estilo de cuello que consiste de dos o más aletas, bajo la cabeza é integradas con ella.

**Cuello estriado.-**

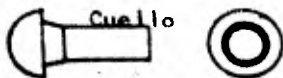
Es un estilo que consiste de rebordes longitudinales o filetes alrededor del vástago adyacentes al lado bajo de la cabeza.

**Cuello cuadrado.-**

Es un estilo que consiste en un hombro cuadrado formado integralmente con la parte baja de la cabeza.

**Cuello abultado o ensanchado.-**

Es un cuello cónico o variable.

**- Puntas de tornillos-****Punta.-**

Es la configuración del extremo final del vástago de un tornillo. Las puntas de sujetadores siguen las categorías que son descritas a continuación.



**Punta achaflanada.-**

Es una punta en forma de cono truncado, el extremo del cual es aproximadamente plano y perpendicular al eje del tornillo. Estas puntas en tornillos roscados generalmente tienen ángulos entre 45 y 90 grados, y diámetro de punta igual o ligeramente menor que el diámetro menor de la rosca. Esta punta tiene esa forma para facilitar la entrada del tornillo en los barrenos de ensamble.



**Punta cónica.-**

Es una punta cónica aguda para realizar funciones de perforación o alineamiento en el ensamble.



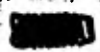
**Punta Gimlet (De Taladro).-**

Es una punta cónica roscada que usualmente tiene un ángulo de punta de 45 a 50 grados. Es usada en piezas formadoras de cuerda como el tipo A de machuelo, tornillo de madera, etc..



**Punta cabeceada.-**

Esta punta es achaflanada y normalmente producida durante la operación de cabeceado del tornillo. El tejo es achaflanado antes de que la rosca sea rolada. Es aplicada a tornillos en ciertas longitudes y tamaños.



**Punta de clavo.-**

Tiene forma piramidal con ángulo de punta entre 30 y 45 grados y es producida por corte. Es diseñada para penetración en madera u otros materiales elásticos.

**Punta de aguja.-**

Es una punta cónica alargada cuyo propósito es el de realizar una función de penetración.

**Punta de ovalo.-**

Es con un cierto radio y casi redonda.

**Punta piloto.-**

Es una punta cilíndrica que tiene un diámetro algo más pequeño que el del vástago; es usado para facilitar el alineamiento y comienza de los tornillos dentro de los barrenos de ensamble.

**Punta cortada.-**

Es de una figura cónica corta, que tiene usualmente un ángulo de 45 grados formada generalmente por corte de apriete. Esta es usada normalmente en diámetros de 1/4" o menores.



**Vástago.-**

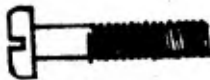
El vástago de un tornillo es la parte comprendida entre cabeza y punta.

**Hombro.-**

Es una porción o parte del cuerpo agrandada en un tornillo.

**Rosca.-**

Es una acanaladura de sección uniforme en forma de hélice sobre una superficie externa o interna de un cilindro. Esta es conocida como rosca paralela para distinguirla de una rosca cónica la cual es formada sobre un cono o tramo de cono.

**Rosca de mano derecha.-**

Una rosca es de mano derecha si vista axialmente, enrolla en el sentido del reloj y se aleja en su dirección. Todas las roscas son de mano derecha si no se especifica otra cosa.





### Rosca de mano izquierda.-

Una rosca es de mano izquierda, si viéndola en dirección axial enrosca en el sentido contrario de rotación de las manecillas del reloj, y se aleja en dirección. La designación de rosca izquierda es LH.



### Cara de rondana.-

Es un realce circular sobre la superficie de apoyo de un tornillo tuerca.



-Terminos relativos de las dimensiones y tamaños de los tornillos-

Los siguientes términos son comúnmente usados en la designación, el tamaño y dimensiones de tornillos.

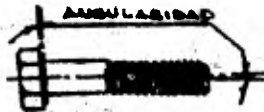
### Holgura o juego.-

Es una diferencia intencional entre los límites máximos del material de las partes en apareamiento.

Es el claro mínimo (discrepancia positiva) o interferencia máxima (discrepancia negativa) entre tales partes.

### Angularidad.-

Es el ángulo entre los ejes de dos superficies de un tornillo.



### Tamaño básico.-

Es aquel tamaño del cual los límites del tamaño son-

derivados por la aplicación de discrepancias y tolerancias.

**Diámetro del cuerpo.-**

Es el diámetro del cuerpo de un tornillo roscado.



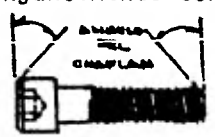
**Arco o comba (curvatura).-**

Es la cantidad que un lado de superficie de un tornillo se desvía siendo recto.



**Angulo del chaflán.-**

Es el ángulo que forman el chaflán y la normal al eje del tornillo en el plano del eje y la normal, y es generalmente especificado, conjuntamente con el diámetro o el largo.



**Concentricidad, concéntrico.-**

Dos superficies de un pasador son concéntricas cuando ambas tienen un centro común o eje. Concentricidad es el término usado para describir esta condición.

**Avellanado.-**

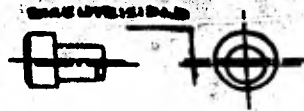
Es un chaflán interno.

**Tamaño de diseño.-**

Es aquél del cual los límites del tamaño son derivados para la aplicación de las tolerancias. Cuando no hay holguras, el tamaño de diseño es el mismo que el básico.

**Excentricidad.-**

Dos superficies de un sujetador son excéntricas cuando no tienen el mismo centro o eje. La cantidad o distancia que los ejes o centros están desplazados uno del otro, es llamada excentricidad.

**Ajuste.-**

Es el término generalmente usado para expresar el grado de apriete que puede resultar de la aplicación de una combinación específica de holguras y tolerancias, en el diseño de partes de apareamiento:

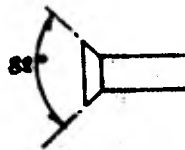
**Ajuste actual.-**

El ajuste actual entre dos partes de apareamiento es la relación que existe entre ellas con respecto a la cantidad de juego o interferencia que hay presente cuando son ensambladas.

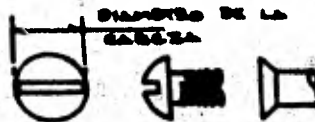
**Angulo de la cabeza.-**

Es el ángulo incluido en la superficie de apoyo de la cabeza.

ANGULO DE  
LA CABEZA

**Diámetro de la cabeza.-**

Es el diámetro de la periferia mayor de la cabeza.

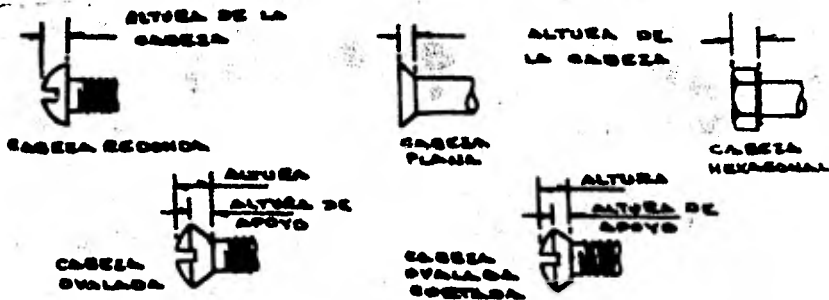


### Excentricidad de la cabeza.-

Es la cantidad en que la cabeza del tornillo es ex -  
céntrica, con el cuerpo o vástago del tornillo.

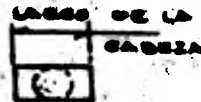
### Altura de la cabeza.-

Para una superficie de apoyo plana, la altura de la  
cabeza es la distancia total, medida paralela al eje del tor-  
nillo, desde el extremo superior a la superficie de apoyo.  
Para una superficie de apoyo cónica, la altura de la cabeza  
es la distancia total, medida paralela al eje del tornillo,  
desde la superficie superior, a la intersección de la super-  
ficie de apoyo con el cilindro de diámetro mayor de la cuer-  
da extendida.



Para cabeza ovalada y cabeza con corte inferior ovala-  
da, la distancia total, es referida como la altura total de -  
la cabeza.

El largo de la cabeza es la distancia o lo largo del  
eje mayor de la cabeza, medido en un plano perpendicular al-  
eje del tornillo.



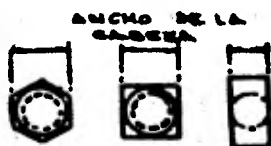
### Conocidad de la cabeza.-

Es el ángulo formado por el lado o lados de la cabeza y el eje del perno. Esto no es aplicable a cabezas avallanadas convencionales, y no deberá ser confundido con el ángulo de la cabeza.



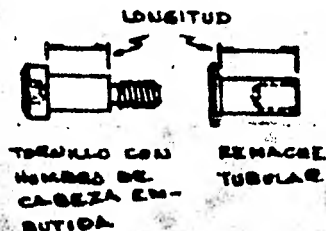
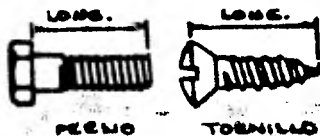
### Ancho de la cabeza.-

Es la distancia a través de caras opuestas de las cabezas hexagonales cuadradas o doble hexagonal medidas en un plano perpendicular al eje del tornillo. Para formas de cabeza rectangular o irregulares, el ancho de la cabeza es la distancia a lo largo, del eje más corto de la cabeza medida de cualquier manera.



### Largo del tornillo.-

El largo de un tornillo es la distancia de la intersección del diámetro mayor de la cabeza, con la superficie de apoyo, al extremo de la punta, medida en una línea paralela al eje del tornillo. Excepciones: el largo de un tornillo con hombro y de un tornillo cabeza de inserción (socket) con hombro, es el largo del hombro.



**Largo de una rosca de ajuste de dos cuerdas de apareamiento.-**

Es la distancia entre las puntas de los extremos de contacto, sobre el paso de los cilindros o conos, medidas paralelamente.

**Límites de tamaño (comúnmente referido como "límites")** es aplicable al tamaño máximo y mínimo.

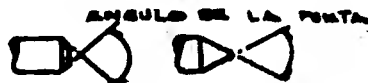
La condición de material máximo de una característica o rasgo de un tornillo, expresa la cantidad máxima de material permitida, indicada por la tolerancia para tal característica.

**Tamaño nominal.-**

Es la designación usada para fines o propósitos de identificación general.

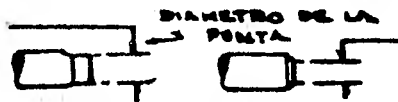
**Angulo de la punta.-**

Es el ángulo incluido en la punta.



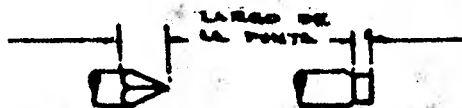
**Diámetro de la punta.-**

Es el diámetro de la punta medido en el extremo final. Algunas veces es llamado "diámetro del rebaje" o "diámetro piloto", en sus puntas respectivas.



**Largo de la punta.-**

Es el largo de la parte punteada del tornillo, medida paralela al eje del tornillo en el extremo final.



#### 1.4.- Especificaciones para la identificación entre pernos y tornillos.

Las siguientes especificaciones son recomendadas para la identificación entre lo que se debe entender, por un perno de ensamble y un tornillo propiamente dicho.

##### Definiciones:

**Perno:** Se entiende por perno un dispositivo mecánico de sujeción roscada exteriormente, y diseñado para insertarse en barrenos de partes de ensamble y es normalmente hecho para ser apretado o aflojado por una tuerca.

**Tornillo:** Es un sujetador externamente roscado capaz de ser insertado, en barrenos de partes de ensamble y apareado o ajustado a una rosca interna, previamente formada, o formando su propia rosca, siendo apretado o aflojado por un par aplicado en su cabeza.

Para mayor aclaración: Un perno es diseñado para ensamble con una tuerca. Un tornillo tiene características en su diseño que lo hacen capaz de ser usado, en un barrenado machuelado o de otro modo preparado. Por su diseño básico, es posible usar cierto tipo de tornillos en combinación con una tuerca. Cualquier perno roscado exteriormente que tiene la mayoría de las características que lo asisten para un uso apropiado en barrenos machuelados o de otro modo preparados, es un tornillo, sin hacer caso de cuando es usado en su servicio de aplicación.

El procedimiento para identificar un sujetador externamente roscado, tanto un perno como un tornillo, establece, dos criterios para ser aplicados (primario y suplementario).

El criterio primario: Será aplicado e inicialmente - cualquier sujetador que satisfaga un criterio primario será - así identificado de conformidad y no necesita ulterior exá - men.

El criterio suplementario (y no catalogado en orden de importancia o propiedad de aplicación): Será aplicado al - sujetador que no satisfaga completamente ninguno de los cri - terios primarios. El criterio suplementario detalla las prin - cipales características, en el diseño de un sujetador rosca - do exteriormente, que contribuyen a su uso apropiado como -- tornillo. Un sujetador que tenga una mayoría de estas carac - terísticas será identificado como tornillo.

-Criterio primario-

Un sujetador roscado exteriormente, que por el dise - ño de la cabeza u otra característica, es previsto de ser -- girado durante el ensamble, y el cual puede ser apretado o - aflojado solamente por medio de la tuerca, es un "perno de - sujetación" (Bolt).

Un sujetador externamente roscado que tiene forma de rosca que impide el ensamble con tuerca, teniendo rosca de - mano derecha, de longitud de paso múltiple, es un tornillo - (Screw). Ejemplo: Tornillo para madera.

Un sujetador de rosca exterior, que deba ser sometido a la aplicación de un per en su cabeza o introducido en - un barreno roscado para realizar su servicio intentado, es - un tornillo (Screw). Ejemplo : Tornillo de cabeza cuadrada.

-Criterio suplementario-

Filete bajo la cabeza: Un tornillo tendrá un filete controlado en la unión de la cabeza y el cuerpo.



Por la severa combinación del esfuerzo de torsión y tensión en la unión, cuando se aplique el par en la cabeza - el límite mínimo del radio del filete deberá ser especificado.

Porque el tornillo debe ser capaz de ser girado de un barrenado de juego mínimo y dentro de un barrenado machuelado fijo, el límite máximo del radio del filete debe ser especificado para asegurar un sólido asiento de la cabeza, y para prevenir interferencia en el tope del barrenado, con la junta de la cabeza y el cuerpo.

**Superficie de asiento:** La superficie de apoyo debajo de la cabeza de un tornillo será lisa y plana con un mínimo de resistencia por fricción durante el apriete, para prevenir, escarado de la superficie contra la cual la cabeza es girada y producir carga uniforme de sujeción.

**Angularidad de la cabeza:** La angularidad (cuadratura) de la superficie de apoyo bajo la cabeza con el vástago del tornillo será controlada para reducir al mínimo la carga excéntrica en el tornillo o sobre las partes en ensamble, y asegurar un apoyo completo, con una precisión uniforme sobre la superficie bajo la cabeza.

**Cuerpo:** El cuerpo de un tornillo será controlado cuidadosamente sobre precisión de tipo y redondez. Para un ajuste efectivo por medio de un huelgo mínimo del barrenado, el diámetro del cuerpo deberá tener tolerancias cerradas, preferiblemente unilaterales sobre el lado menor.

**Rectitud del vástago:** La flecha o vástago de un tornillo será particularmente recta para permitir un rápido encajamiento o acoplamiento con la rosca interna, para prevenir cargas excéntricas en el tornillo, o en las partes ensam

bladas y para reducir las interferencias con las paredes de un barreno de mínimo huelgo.

**Concentricidad de la rosca:** Las cuerdas o roscas de un tornillo deberán ser concéntricas con el eje del cuerpo dentro de los límites cerrados o estrechos, para permitir el ensamble dentro de un barreno machuelado o roscado (el cual tiene usualmente un largo de cuerda mayor que el de una tuerca), sin atadura del cuerpo contra las paredes de un barreno de huelgo mínimo.

**Largo de la rosca:** El largo de la rosca en un tornillo debe ser suficiente para desarrollar el esfuerzo completo del sujetador en barrenos roscados de varios materiales.

**Punta:** Un tornillo tendrá una punta achaflanada, u otra preparación especial, en la misma, a fin de que se facilite la entrada del barreno y empezar suavemente con la rosca interna, la cual puede estar distante de la entrada del barreno. La punta también protege la primera cuerda, la cual si es dañada o averiada, puede herir la cuerda interna en todo su largo completo.

**Largo:** El largo de un tornillo deberá tener tolerancia cerrada, con variación preferiblemente lateral sobre el lado sin cabeza para prevenir fondeado del sujetador en el barreno roscado.

### 1.5.- ESTANDARES DE PERNOS Y TORNILLOS DE CABEZA HEXAGONAL

En los estándares siguientes los datos generales y dimensiones de varios tipos de pernos y tornillos hexagonales reconocidos como "Estándares Americanos" son expuestos en forma reducida tratando de abarcar la mayor parte. La inclusión de los datos dimensionales no significa que todos los productos descritos en los estándares sean tamaños de repertorio de producción. Los consumidores son requeridos para consultar con los productores acerca de los repertorios de tamaño para la producción.

**Definiciones.-** Las siguientes definiciones son aplicadas a los términos usados en los estándares que se analizan en este capítulo.

**Cara de rondana.-** Es un resalte circular sobre la superficie de apoyo de la cabeza de un perno o un tornillo.

**Altura de la cabeza.-** Es la distancia total del tope de la cabeza o superficie superior a la superficie de apoyo, incluido el grueso de la cara de rondana de que está provista.

**Largo de la rosca.-** Para los propósitos de este estándar, el largo de la rosca es la distancia del extremo de la punta del perno o tornillo a la última rosca completa inclusive.

**Largo de perno o tornillo.-** El largo es la distancia de la superficie de apoyo de la cabeza al extremo de la punta si el producto es punteado.

Para definiciones de otros términos relativos a los sujetadores o componentes de ellos en estos estándares, referirse al glosario de términos para sujetadores mecánicos o tornillos.

**Diámetro de cuerpo mínimo.**- Donde el mínimo del diámetro del cuerpo no aparezca en las listas, el mínimo del diámetro de cuerpo no será menor que el diámetro de paso de la rosca.

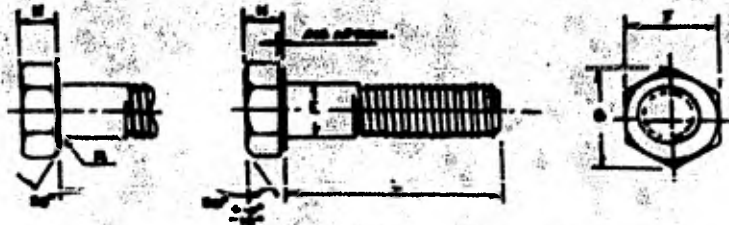
**Tolerancia de la cuerda.**- La cuerda en todos los productos excepto en tornillos de madera será de Estándar Unificada Clase 2A pueda ser excedido en la cantidad de la tolerancia, por ejemplo el diámetro máximo aplicado de la Clase 2A a una parte no galvanizada o otra antes galvanizada considerando el diámetro básico (el diámetro máximo 2A más la tolerancia) aplicado a la parte después de galvanizada.

**Designación.**- Los pernos y tornillos son designados por los datos siguientes en la secuencia mostrada: tamaño nominal, (fracción o el equivalente decimal) hilos por pulgada longitud del producto, nombre del producto, material (incluyendo especificaciones donde sea necesario y acabado final si se requiere).

Por ejemplo:

3/8"-16 x 1 1/2"	perno hexagonal	acero zincado
1/2"-13 x 3"	tornillo CAP. (hexagonal)	acero SAE grado 8

**TORNILLO MAQUINA  
(cabeza exagonal)**



Diam Nominal	Diam Cuerpo	Dist. entre caras F		Dist. entre esquinas G		Altura H	Radio del Filete R.				
		max.	básico	max.	min.		max.	min.	max.		
1/4 5/16	.2500	.260	7/16	.4375	.425	.505	.484	11/64	.188	.150	.031
3/8 7/16	.3750	.388	9/16	.5625	.544	.650	.620	1/4	.268	.226	.031
1/2 5/8	.5000	.515	3/4	.7500	.725	.866	.826	11/32	.364	.302	.031
3/4	.7500	.768	1-1/8	1.1250	1.088	1.299	1.240	1/2	.524	.455	.062

En la tabla anterior se intenta cubrir o exponer una información general de las dimensiones de algunas medidas del tipo tornillo máquina cabeza exagonal, del mismo modo que se exponen en los estándares de uso normal, para así darnos un criterio real de las normas que rigen a estos productos en lo que se refiere a dimensiones.

Después de cada una de estas tablas, (completas) se exponen en los estándares aclaraciones adicionales e indicaciones a continuación de las mismas, del modo siguiente.

Este tipo de tornillo no necesita tener acabado en cualquiera de sus superficies, excepto en las roscas.

La superficie superior debe ser plana y achaflanada. El diámetro del círculo del chafilón debe ser igual al máximo entre caras opuestas con tolerancias de menos del 15%.

El máximo de la distancia entre caras no debe de ser excedido. Ninguna sección de la cabeza transversal, de entre el 25 y 75% medida a partir de la superficie de apoyo será menor que el mínimo entre lados opuestos.

La superficie de apoyo deberá estar en ángulo recto con el eje del cuerpo con una tolerancia de 3 grados en tamaño de una pulgada o menores y 2 grados de tolerancia para tipos de más de una pulgada.

El eje de la cabeza deberá ser concéntrica con el eje del cuerpo (determinado por una extensión del diámetro del cuerpo bajo la cabeza) con una tolerancia igual al 3% del máximo de la distancia entre caras opuestas de la cabeza.

El largo mínimo de la rosca será el doble del tamaño básico del perno más 0.25" para largos hasta 6 pulgadas y el doble del diámetro básico más 0.50" para largos arriba de 6 pulgadas. Los pernos demasiado cortos para la aplicación de la fórmula del largo de Cuerda serán roscados tan cerca de la cabeza como sea práctico.

Las roscas serán por supuesto de las unificadas (serie UNC, UNF, Y 8UN), clase 2A.

Este tipo de pernos no necesita ser punteados.

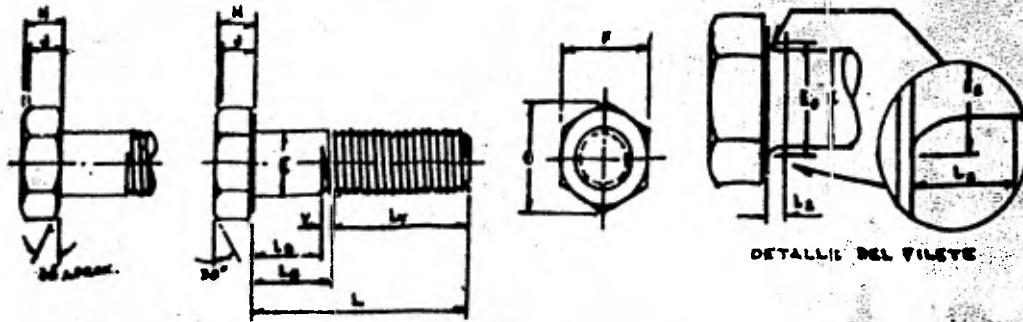
Las tolerancias para el largo son las de los pernos conforme a ASTM A 307.

En la medida E del diámetro del cuerpo puede haber un aumento razonable, aleta bajo la cabeza o grieta del dado sobre el cuerpo que no debe exceder la medida del diámetro básico como sigue:

- 0.030 plg. para tamaños hasta  $1/2$  plg.
- 0.050 plg. para tamaños de  $5/8$  y  $3/4$  de plg.
- 0.063 plg. para tamaños arriba de  $3/4$  a  $1/4$  de plg.
- 0.093 plg. para tamaños arriba de  $1.1/4$  a 2 plg.
- 0.125 plg. para tamaños arriba de 2 plg a 3 plg.
- 0.188 plg. para tamaños arriba de 3 plg.

Material conforme a ASTM A 307, grado A.

**TORNILLO CAP HEXAGONAL**

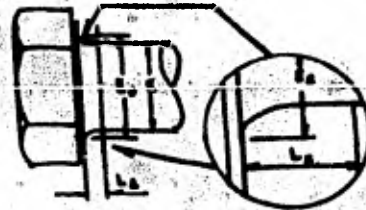
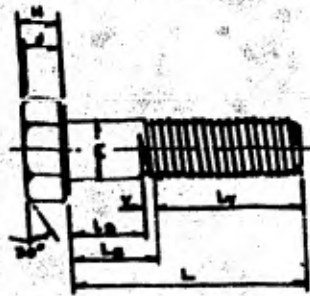
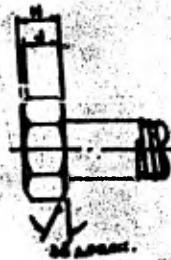


TAMANO NOMINAL	E		F				G		H			J	K			L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L (Req)		Y (Req)		
	DIAMETRO DEL CUELLO		DISTANCIA ENTRE CAR- SAS				DISTAN- CIA EN- TRES EIS- QUIMAS		ALTEZA				DIAM. - DEL FI- LETE DE TRANSI- CION					RESISTEN DE LO COMEN		LONG. DE LA TORNILLO		
	Max	Min	Min	Max	Min	Max	Min	Base	Max	Min	Max		Min	Max	Min			Max	Min	Max	Min	Max
1/4	0.2500	0.2500	0.2450	7/16	0.438	0.428	0.305	0.415	5/32	0.162	0.150	0.106	0.010	0.300	0.280	0.087	0.043	0.015	0.750	1.000	0.400	0.650
5/16	0.3125	0.3125	0.3085	1/2	0.500	0.489	0.357	0.517	13/64	0.211	0.195	0.140	0.011	0.362	0.342	0.087	0.043	0.015	0.875	1.125	0.417	0.667
3/8	0.3750	0.3750	0.3690	9/16	0.562	0.551	0.430	0.618	15/64	0.243	0.226	0.160	0.012	0.425	0.405	0.087	0.043	0.015	1.000	1.250	0.430	0.680
7/16	0.4375	0.4375	0.4305	5/8	0.625	0.612	0.722	0.618	9/32	0.291	0.272	0.165	0.013	0.488	0.468	0.087	0.043	0.015	1.125	1.375	0.464	0.714
1/2	0.5000	0.5000	0.4930	3/4	0.750	0.738	0.844	0.849	5/16	0.325	0.305	0.205	0.014	0.550	0.520	0.087	0.043	0.015	1.250	1.500	0.481	0.731
9/16	0.5625	0.5625	0.5545	13/16	0.812	0.798	0.938	0.919	21/64	0.371	0.348	0.250	0.015	0.612	0.582	0.132	0.078	0.020	1.375	1.625	0.510	0.750
5/8	0.6250	0.6250	0.6170	15/16	0.938	0.923	1.011	1.011	23/64	0.418	0.378	0.269	0.017	0.715	0.685	0.157	0.078	0.020	1.500	1.750	0.533	0.773
3/4	0.7500	0.7500	0.7410	1-1/8	1.125	1.100	1.299	1.254	15/32	0.433	0.455	0.324	0.020	0.840	0.790	0.157	0.078	0.020	1.750	2.000	0.560	0.800
7/8	0.8750	0.8750	0.8660	1-1/4	1.312	1.285	1.516	1.461	35/64	0.563	0.531	0.378	0.023	1.005	0.955	0.227	0.113	0.040	2.000	2.250	0.633	0.833
1	1.0000	1.0000	0.9900	1-1/2	1.500	1.469	1.732	1.671	29/64	0.627	0.591	0.416	0.026	1.190	1.120	0.332	0.166	0.060	2.250	2.500	0.675	0.875
1-1/8	1.1250	1.1250	1.1140	1-13/16	1.688	1.631	1.949	1.895	11/16	0.718	0.650	0.461	0.029	1.315	1.245	0.332	0.166	0.060	2.500	2.750	0.720	0.920
1-1/4	1.2500	1.2500	1.2390	1-7/8	1.875	1.812	2.165	2.056	25/32	0.815	0.749	0.530	0.032	1.440	1.370	0.332	0.166	0.060	2.750	3.000	0.760	0.960
1-3/8	1.3750	1.3750	1.3630	2-1/16	2.062	1.994	2.352	2.273	27/32	0.878	0.810	0.569	0.036	1.565	1.495	0.332	0.166	0.060	3.000	3.250	0.800	1.000
1-1/2	1.5000	1.5000	1.4880	2-1/4	2.250	2.175	2.598	2.482	15/16	0.974	0.902	0.640	0.039	1.690	1.620	0.332	0.166	0.060	3.250	3.500	0.840	1.040
1-3/4	1.6250	1.6250	1.6130	2-5/8	2.438	2.353	2.821	2.692	1-3/32	1.134	1.054	0.745	0.046	1.940	1.870	0.332	0.166	0.060	3.500	3.750	0.880	1.080
2	1.7500	1.7500	1.7380	3	3.000	2.900	3.464	3.306	1-7/32	1.263	1.175	0.823	0.052	2.190	2.120	0.332	0.166	0.060	4.251	4.500	1.047	1.247
2-1/4	1.8750	1.8750	1.8630	3-1/8	3.375	3.267	3.897	3.719	1-3/8	1.423	1.327	0.933	0.059	2.440	2.370	0.332	0.166	0.060	4.791	5.000	1.107	1.307
2-1/2	2.0000	2.0000	1.9880	3-3/4	3.750	3.623	4.330	4.133	1-17/32	1.583	1.479	1.042	0.065	2.690	2.620	0.332	0.166	0.060	5.291	5.500	1.220	1.420
2-3/4	2.1250	2.1250	2.1130	4-1/8	4.125	3.988	4.763	4.546	1-11/16	1.744	1.632	1.151	0.072	2.940	2.870	0.332	0.166	0.060	5.791	6.000	1.330	1.530
3	2.2500	2.2500	2.2380	4-1/2	4.500	4.350	5.196	4.959	1-7/8	1.925	1.815	1.260	0.079	3.190	3.120	0.332	0.166	0.060	6.291	6.500	1.440	1.640

See Note 1 B



# TORNILLO CAP HEXAGONAL



DETALLE DEL FILETE

TAMANO NOMINAL	E		F		G		H			L	ALTEZA AL CEN- TRO DEL V.D.D.O.	EXCENTRICIDAD DE LA SUPERFICIE DE LA CABECERA A PUNTO DE V.D.D.O.	Ea			La		R	Lr (Rag)		Y (Rag)	
	DIAMETRO DEL CILIN- DRO		DISTANCIA ENTRE CA- BECERAS		DISTAN- CIA EN- TRE ES- QUINAS		ALTURA						DIAM. y LONGI- TUD DEL FILETE DE TRANSI- CION	LONGI- TUD DEL FILETE		LONGITUD DE LA CUBECERA PARA TORNIL- LLOS ≤ 6"	PARA TORNIL- LLOS > 6"		LONGITUD DE LA CUBECERA PARA TORNIL- LLOS ≤ 6"	PARA TORNIL- LLOS > 6"		
	Max	Min	Basic	Max	Min	Basic	Max	Min	Basic					Max	Min						Basic	Max
1/4 @ 2500	0.2500	0.2450	7/16	0.438	0.428	0.505	0.485	5/32	0.163	0.150	0.106	0.010	0.300	0.280	0.087	0.043	0.015	0.750	1.000	0.400	0.450	
5/16 @ 3125	0.3125	0.3065	1/2	0.500	0.489	0.577	0.557	13/64	0.211	0.195	0.140	0.011	0.362	0.342	0.087	0.043	0.015	0.875	1.125	0.417	0.467	
3/8 @ 3750	0.3750	0.3690	9/16	0.562	0.551	0.650	0.628	10/32	0.245	0.226	0.160	0.012	0.423	0.403	0.087	0.043	0.015	1.000	1.250	0.428	0.488	
7/16 @ 4375	0.4375	0.4305	5/8	0.625	0.613	0.722	0.698	9/32	0.291	0.272	0.195	0.013	0.485	0.465	0.087	0.043	0.015	1.125	1.375	0.444	0.714	
1/2 @ 5000	0.5000	0.4930	3/4	0.750	0.736	0.866	0.840	5/16	0.223	0.202	0.215	0.014	0.547	0.530	0.087	0.043	0.015	1.250	1.500	0.481	0.731	
9/16 @ 5625	0.5625	0.5545	13/16	0.812	0.798	0.938	0.910	23/64	0.371	0.348	0.250	0.015	0.612	0.602	0.157	0.078	0.020	1.375	1.625	0.750	0.780	
5/8 @ 6250	0.6250	0.6170	15/16	0.928	0.922	1.031	1.031	25/64	0.403	0.378	0.269	0.017	0.715	0.695	0.157	0.078	0.020	1.500	1.750	0.773	0.773	
3/4 @ 7500	0.7500	0.7410	1-1/8	1.125	1.100	1.299	1.254	15/32	0.432	0.455	0.324	0.020	0.840	0.790	0.157	0.078	0.020	1.750	2.000	0.800	0.800	
7/8 @ 8750	0.8750	0.8660	1 5/16	1.312	1.285	1.516	1.465	25/64	0.563	0.531	0.378	0.023	1.005	0.955	0.227	0.113	0.040	2.000	2.250	0.823	0.823	
1 @ 10000	1.0000	0.9900	1 1/2	1.500	1.469	1.732	1.675	29/64	0.627	0.591	0.416	0.026	1.190	1.120	0.332	0.166	0.060	2.250	2.500	0.875	0.875	
1-1/8 @ 11250	1.1250	1.1140	1-11/16	1.688	1.631	1.949	1.859	1 1/8	0.718	0.658	0.461	0.029	1.312	1.245	0.332	0.166	0.060	2.500	2.750	0.929	0.929	
1-1/4 @ 12500	1.2500	1.2390	1-7/8	1.875	1.812	2.165	2.066	25/32	0.813	0.749	0.530	0.032	1.440	1.370	0.332	0.166	0.060	2.750	3.000	0.929	0.929	
1-3/8 @ 13750	1.2750	1.2630	2-1/16	2.062	1.994	2.383	2.273	27/32	0.878	0.810	0.569	0.036	1.565	1.495	0.332	0.166	0.060	3.000	3.250	1.000	1.000	
1-1/2 @ 15000	1.5000	1.4880	2-1/4	2.250	2.175	2.598	2.480	15/16	0.974	0.903	0.640	0.039	1.690	1.620	0.332	0.166	0.060	3.250	3.500	1.000	1.000	
1-3/4 @ 17500	1.7500	1.7360	2-5/8	2.625	2.535	3.031	2.893	1-3/32	1.124	1.054	0.746	0.046	1.940	1.870	0.332	0.166	0.060	3.750	4.000	1.100	1.100	
2 @ 20000	2.0000	1.9840	3	3.000	2.900	3.464	3.306	1-7/32	1.263	1.175	0.825	0.052	2.190	2.120	0.332	0.166	0.060	4.250	4.500	1.167	1.167	
2-1/4 @ 22500	2.2500	2.2380	3-3/8	3.375	3.263	3.897	3.719	1-3/8	1.423	1.327	0.933	0.059	2.440	2.370	0.332	0.166	0.060	4.750	5.000	1.167	1.167	
2-1/2 @ 25000	2.5000	2.4880	3-7/8	3.750	3.625	4.330	4.133	1-17/32	1.582	1.479	1.042	0.065	2.690	2.620	0.332	0.166	0.060	5.250	5.500	1.250	1.250	
2-3/4 @ 27500	2.7500	2.7380	4-1/8	4.125	3.988	4.763	4.544	1-11/16	1.744	1.622	1.151	0.072	2.940	2.870	0.332	0.166	0.060	5.750	6.000	1.250	1.250	
3 @ 30000	3.0000	2.9840	4-1/2	4.500	4.350	5.196	4.959	1-7/8	1.935	1.815	1.290	0.079	3.190	3.120	0.332	0.166	0.060	6.250	6.500	1.250	1.250	

See Note 1B

Este tornillo es una consolidación de 2 productos separados (tornillo CAP de cabeza hexagonal y perno hexagonal con acabado) cada uno reconocido en el Estándar Americano -- anterior al de 1961, ambos nombres perduran por intereses -- de consumo y producción para facilitar la identificación durante un período de transición. Sin embargo, en conjunción -- con esta consolidación fué dada una guía para la selección -- de nomenclatura entre pernos y tornillos.

Este tipo de tornillos, hasta un diámetro de 2" está unificado dimensionalmente en los Estándares Americanos, -- Británicos, y Canadienses. La unificación de productos con -- cuerda fina (UNF) existe solamente en dimensiones de 1" 6 -- menos.

La superficie de la cabeza debe ser plana y achafalnada, el diámetro del círculo encerrado por el chaflán debe ser igual al máximo de la distancia entre caras opuestas de la cabeza, con una tolerancia de menos 15%.

La superficie de apoyo debe de ser plana teniendo -- las esquinas achafalnadas o arandela, el diámetro de apoyo -- de la superficie será igual a la distancia máxima entre -- caras con una tolerancia de menos 10%.

La superficie de apoyo debe de estar en ángulo recto al eje, del cuerpo con una tolerancia de dos grados para dimensiones de 1" o menores, y un grado para tamaños de más de 1". El grosor de la rondana debe de ser de 0.015" a 0.025" -- para diámetros nominales de 3/4" o menores de 0.015" a 0.035" para diámetros nominales mayores de 3/4".

El eje de la cabeza deberá ser coaxial con el eje -- del cuerpo determinado por una extensión del diámetro del -- cuerpo bajo la cabeza con una tolerancia igual al 3% del -- máximo de la distancia entre caras.

El mínimo del largo de rosca debe ser el doble del diámetro nominal más  $1/4"$  para largos hasta de  $6"$  inclusive. El doble del diámetro básico más  $1/2"$  para largos mayores -- de  $6"$ . La tolerancia será de  $+0.190"$  o  $2-1/2$  filetes aproximadamente. Para productos demasiado cortos la aplicación de la fórmula del mínimo del largo de rosca, la distancia de la superficie de apoyo de la cabeza al primer filete de la rosca (completo), no excederá de  $2 1/2$  filetes para tamaños -- hasta de  $1"$ . Y  $3 1/2$  vueltas o filetes para tamaños mayores -- a  $1"$ .

Las roscas serán: Unificadas Estándar (UNC), fina -- (UNF), series de 8 hilos (8UN) y ajuste clase 2A.

La punta será plana y achaflanada aproximadamente --  $0.015"$  bajo el diámetro menor de la rosca, el largo de la -- punta será de  $1/2$  a  $1 1/2$  vueltas o filetes.

Excentricidad de la cuerda.- La excentricidad total (excentricidad y angularidad) de la cuerda y rosca en relación será tal que para dimensiones hasta de  $3/4"$  y menores -- el producto atornillará un mínimo de dos vueltas completas -- en un barrenado machueado ensanchado para proveerlo de --  $0.031"$  sobre el diámetro máximo del cuerpo en una profundidad igual al largo del producto menos un diámetro. El comienzo de la rosca del barrenado machueado será avellanado al -- diámetro del barrenado ensanchado. El barrenado roscado tendrá -- un diámetro de paso clase 2B.

Las propiedades químicas y mecánicas de productos -- de acero serán normalmente conforme los grados SAE 2, 5 y 8, ASTM 449 6 ASTM 354 grado 80.

Cuando se especifiquen los productos pueden también ser hechos de cobre, bronce, acero resistente a la corrosión, aleaciones de aluminio u otros materiales.

Existen algunas variaciones de este tipo de tornillos, los cuales tienen pequeñas diferencias en algunas de las dimensiones como son: propiedades químicas, propiedades mecánicas, o bien son construidos en tamaños mayores pero con la misma forma general. Entre ellos están los siguientes: tornillo hexagonal pesado y tornillo de alta resistencia para estructuras.

**VALORES DE TORQUE NORMALIZADOS SUGERIDOS PARA ELEMENTOS 39  
DE FIJACION INDUSTRIAL**







TIPO DE PERNO	DENOMINACION	RESISTENCIA NOMINAL	MEDIDA NOMINAL															
			1/8"		3/16"		1/4"		5/16"		3/8"		7/16"		1"			
			Uso	Norm	Uso	Norm	Uso	Norm	Uso	Norm	Uso	Norm	Uso	Norm	Uso	Norm		
	A-A-1 ASTM A 307	60.000 P.S.-1			31	35	7	8.5	15	17	20	24	28	35	45	55	65	80
	A-A-2 ASTM A 307	74.000 P.S.-1			6	8.5	11	13	17	20	24	28	35	45	55	65	80	100
	ASTM A 449 A-A-3	150.000 P.S.-1			9	12	15	18	24	28	35	45	55	65	80	100	120	150
	ASTM A 305	120.000 P.S.-1												100	120		200	250
	A-A-4	150.000 P.S.-1			13	15	20	24	30	36	45	55	65	80	100	120	150	200
	A-197-03 A 470	150.000 P.S.-1							35	45	60	75	90	110	130	160	200	250
	TORN. ALLEN				9	12	15	18	24	30	36	45	55	65	80	100	120	150
					9	12	15	18	24	30	36	45	55	65	80	100	120	150
						13	15	20	24	30	36	45	55	65	80	100	120	150

TIPO DE PERNO	DENOMINACION	RESISTENCIA NOMINAL	MEDIDA NOMINAL															
			3/4"		7/8"		1"		1.1/8"		1.1/4"		1.3/8"		1.1/2"			
			Uso	Norm	Uso	Norm	Uso	Norm	Uso	Norm	Uso	Norm	Uso	Norm	Uso	Norm		
	A-A-1 ASTM A 307	60.000 P.S.-1	120	140	170	200	240	280	340	400	480	580	700	850	1000	1200	1500	
	A-A-2 ASTM A 307	74.000 P.S.-1	150	180	220	270	330	400	480	580	700	850	1000	1200	1500	1800	2300	
	ASTM A 449 A-A-3	150.000 P.S.-1	250	300	370	450	550	680	830	1000	1200	1450	1750	2100	2500	3000	3800	
	A-A-4 A 305	120.000 P.S.-1	350	420	520	630	770	950	1150	1400	1700	2050	2450	2900	3500	4200	5300	
	A-A-5	150.000 P.S.-1	390	470	580	710	870	1050	1280	1550	1850	2200	2650	3200	3900	4800	6000	
	A-197-03 A 470	150.000 P.S.-1	440	530	650	790	960	1150	1400	1700	2050	2450	2900	3500	4300	5300	6600	
	TORN. ALLEN		330	400	500	610	750	920	1100	1350	1650	2000	2400	2900	3500	4300	5300	
			350	430	530	650	800	980	1200	1450	1800	2200	2700	3300	4100	5100	6300	
			390	470	580	710	870	1050	1280	1550	1850	2200	2650	3200	3900	4800	6000	

① ② **ESPECIFICACIONES DE TORQUE VALEN PARA SUJECION PERMANENTE EN ESTRUCTURAS DE ACERO.**

MARCAS DE GRADOS DE RESISTENCIA

TORNILLOS DE ACERO.

MARCA GRADO RR	ESPECIFICACION			ALGUNOS USOS RECOMENDADOS	RESISTEN CIA A LA TRACCION MINIMA PSI.	LIMITE S DE IN - FLUENCIA MINIMA PSI.	DUREZA
	SAE Gdo.	DIN Gdo.	ASTM				
 GRADO 1	J 429 1	4 A 3.6	A-307 A y B	Para requerimientos me nores de resistencia. Metalmeccanica Motores electricos fines blancas Electronica Usos generales.	60 000	36 000	53 - 70 Rb.
 GRADO 2	J 429 2 Desde 1/4" hasta 1 1/2"	4 D 4.6		Para requerimientos de resistencia media. Construccion maquinas lijieras, Automotriz (piezas no afectas a altas tensiones), Maquinas Estructuras	74 000	57 000	70 - 93 Rb.
 GRADO 5	J 429	8.8	A 449	Para requerimientos - de alta resistencia a la traccion, Ruedas a de vehiculos, Partes de motores de traccion, cajas de cambio, Maqui nas herramientas, Ma trices.	Hasta 1" o 120 000 De 1-1 1/2 105 000	Hasta 1" o 92 000 De 1-1 1/2 81 000	Hasta 1" o 25 - 34 Rb 20 - 30 Rc
 TIPO 1			A 490	Para requerimientos - de alta resistencia a la traccion y otros. Especialmente para jun tas estructurales exi gidas mecanicamente. Trab. c/ tre.rold.A 325	Hasta 1" o 120 000 De 1.1/8" a 1.1/2" a 325 105 000	Hasta 1" o 92 000 De 1.1/8" a 1.1/2" a 325 81 000	Hasta 1" o 23 - 35 Rb 19 - 3
 TIPO 2			A 490	Para requerimientos - de alta resistencia a la traccion y alta tem peratura. Debe trabajar con tuer ca y roldana de la mi sma calidad.	Min. 150 000 Max. 170 000	130 000	32 - 38 Rc
 GRADO 8	8	10 K 10.9	A 354 Grado BD.	Para requerimientos de alta resistencia a la traccion, Flexion, cizalla, etc. Culata de motores, paquete de resortes; Perno pa ra rueda, vehiculo pe sado, etc.	150 000	130 000	32 - 38 Rc

NOTA: Estas marcas corresponden a productos de acabado fino de aplica  
cion principalmente automotriz y de alta resistencia estructural.

## CAPITULO II

## PROCESOS DE LA FORJA EN FRIO DE TORNILLOS Y MAQUINAS MAS USUALES.

## 11.1.- Procesos de la forja en frío de tornillos

## -Alambre para tornillo.

Para propósitos de cabeceado en frío el alambre será de acero de horno de hogar abierto, y con estirado brillante.

El alambre Bessemer o acero de fácil tallado no es deseable para cabeceado en frío, porque la gran cantidad de sulfuros resquebrajan o agrietan el material. Hay combinaciones con cierto porcentaje bajo de sulfuros que son usadas para pequeños recalcados requiriendo subsecuentemente una operación de maquinado, lo cual ayuda para su uso, pero como regla el Bessemer será considerado fuera de uso.

El mejor método de seleccionar el tipo apropiado de alambre para un perno o tejo dado es como sigue:

Suponiendo que se trate de un tornillo "CAP", el diámetro exterior nominal es 0.375". La tolerancia para diámetro exterior en el American Standard Tables es 0.375" a 0.362"

Sin embargo este rango es rara vez usado. La mayor parte de los fabricantes, empiezan con un tipo 0.005" bajo el mayor diámetro exterior, o en este caso 0.370" como un límite mínimo para el acabado del diámetro del perno, permitiendo al dado desgastarse hasta la máxima tolerancia posible de 0.375". En este caso el tipo máximo de alambre será 0.000" bajo el mínimo tipo de perno y el mínimo tipo de alambre será 0.002" bajo el tipo mínimo del perno.

La regla es entonces encontrar el diámetro mínimo del perno o sea 0.370", en nuestro ejemplo: el alambre debe ser de un diámetro de alambre conveniente para el rolado de la cuerda empezar con 0.002" bajo el mínimo de diámetro de paso y elegir un alambre con más o menos 0.001", la temperatura a la cual las tolerancias son tomadas, determinarán el ajuste de la cuerda.

El diámetro del alambre no debe confundirse nunca con el diámetro del vástago, del perno o tornillo. Hay una tolerancia que debe ser tomada con cuidado entre esos diámetros.

A continuación se enlistan las características físicas y químicas del alambre para la forja usados en esta fábrica.

a) Tolerancia.

ALAMBRE "CALIDAD FORJA"

Diámetro del alambre (Pulgadas)		Tolerancia diámetro (Pulgadas)
Desde	Hasta	
0.211	0.305	$\pm 0.001$
0.327	0.609	$\pm 0.0015$
0.672	0.980	$\pm 0.002$



b) ANALISIS QUIMICO:

Todos los rollos calidad forja (alambrones y alambres) deberán de cumplir en su composición química de acuerdo a las especificaciones SAR-J403g y J404h.

ACERO	C		Mn		P		S		Ni		Cr		Mo		Si	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
1013	0.11	0.16	0.50	0.80		0.040		0.05								
1018	0.15	0.20	0.60	0.90		0.02		0.05								
1038	0.35	0.42	0.60	0.90		0.040		0.05								
1041	0.36	0.44	1.35	1.65		0.040		0.05								
8740	0.38	0.43	0.75	1.00		0.035		0.04	0.40	0.70	0.40	0.60	0.20	0.30	0.15	0.30

c) Análisis físico: Todos los rollos calidad forja (alambres y alambres) deberán estar exentos de segregaciones y rechupes. La presencia de grietas, se detectará mediante la prueba de recalado y su aceptación o rechazo estará de acuerdo a la tabla de profundidad de grietas permisibles anexa. La resistencia a la tracción y la dureza de estos materiales deberá ser de acuerdo a la siguiente tabla.

Grado Acero	Diámetro		Resistencia Tracción		Dureza	
	Desde	Hasta	Mínimo	Máximo	Min	Rb Max
			PSI			
1010	0.0796"	0.250"	56.000	73.000	65	80
1013	0.250"	1.000"	54.000	66.000	60	75
1018	0.0796"	0.250"	64.000	74.000	70	85
	0.250"	1.000"	56.000	67.000	65	80
1038	0.0796"	0.500"		101.000		95
	0.500"	1.000"		89.000		90
1041	0.0796"	0.500"		105.000		96
	0.500"	1.000"		90.000		91
S740	0.0796	0.500		111.000		98
	0.500	1.000		95.000		93

d) Análisis metalográfico: Los alambres calidad forja grados 1038, 1041 y 8740, deberán de venir con un recocido esferoidizado (80 % mínimo de cementita esférica) y la profundidad máxima de decarburación será según normas ASTM-A546

y A547 según se indica en la siguiente tabla:

Diámetro		Ferrita Libre	Parcial
Desde	Hasta		
	0.375"	0.003"	0.007"
0.375"	0.500"	0.004"	0.008"
0.500"	0.703"	0.005"	0.009"
0.703"	1.000"	0.006"	0.010"

El tamaño de grano para los aceros 1038, 1041 y 8740 será - fino de 5 a 8 medido según ASTM-E-112.

El contenido de inclusiones permisibles para los grados 1038, 1041 y 8740, según Norma ASTM-E45, serán los que indica la - siguiente tabla:

Clase	Delgado	Grueso
A Sulfuros	2.5	2.0
B Alúmina	2.5	2.0
C Silicatos	2.5	2.0
D Oxidos	3.0	2.0

La profundidad de grietas permisibles será de acuerdo a la especificación I.F.I.-105, que se indica en la siguiente tabla:

Diámetro		Profundidad Máxima de grieta.
Desde	Hasta	
	0.375"	0.003"
0.375"	0.500"	0.004"
0.501"	0.750"	0.005"
0.750"	1.000"	0.006"

## 11.2.- PROCESOS DE MANUFACTURA

### Cabeceado en frío.-

El cabeceado en frío también llamado recalado, es una operación de formado para configurar el metal por fluencia plástica. Una fuerza aplicada en el extremo de un cilindro de metal contenido entre cabeceador y dado, rebasa el límite elástico del material y produce su deformación. El diámetro del cilindro, aumenta mientras disminuye su longitud. Cuando se combina con otras operaciones de formado como extrusión, desbarbado y roscado, las posibilidades de este procedimiento son casi ilimitadas.

El cabeceado se consigue insertando un trozo en bruto de una cierta longitud en una matriz. El agujero de la matriz se hace de unas pocas centésimas de milímetro mayor que el diámetro exterior del trozo: Un cabeceador (Punzón), se mueve hacia la matriz y se pone en contacto con la porción de trozo que sobresale de la matriz. Al continuar su avance, el punzón recalca el trozo.

Las impresiones en la matriz (dado) o en el cabeceador (punzón) o en ambos, determinan la forma del recalque. Algunas piezas se recalcan en el punzón, otras en la matriz, algunas en el punzón y la matriz y otras al aire entre el punzón y la matriz, como se muestra en la figura (d)

En el momento del contacto entre punzón y trozo en bruto, la porción del trozo a recalcar queda fuera de la matriz sin ser soportada por la matriz ni por el punzón. Si esta longitud es demasiado larga, se dobla en lugar de recalarse uniformemente.

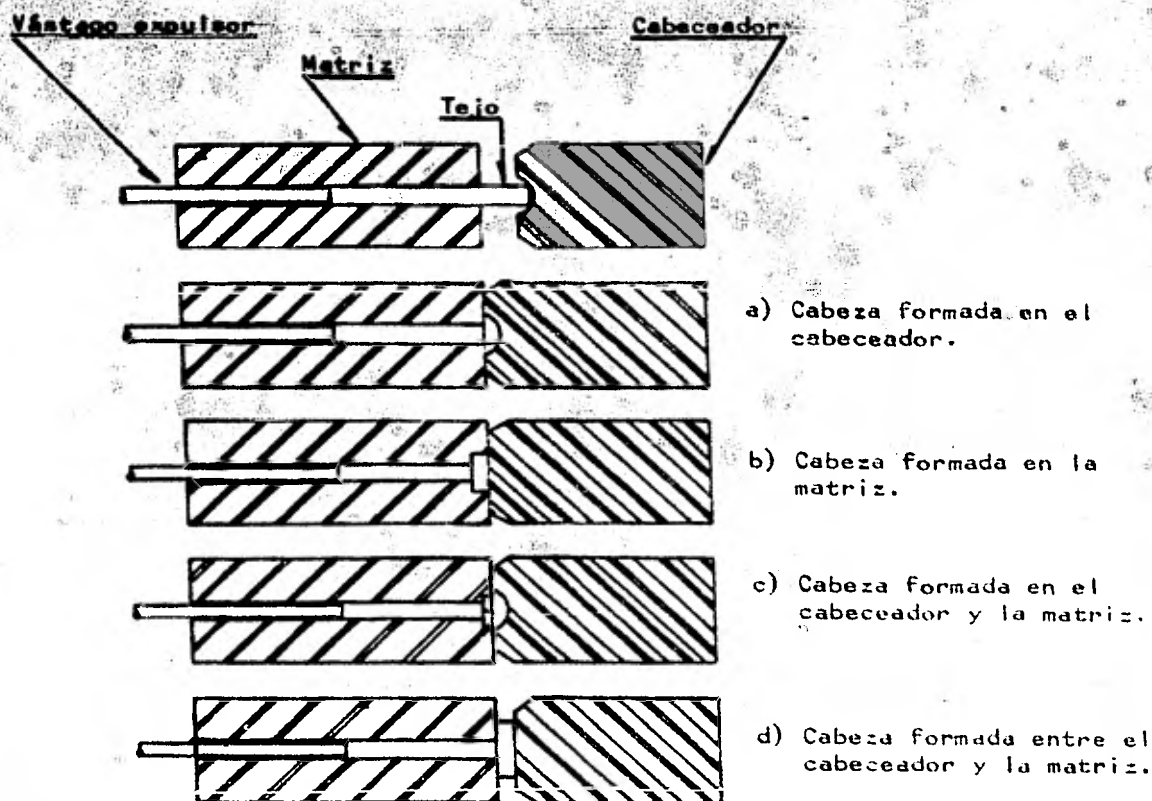


Fig. 11.1

Al recalcar, el punzón se mueve hacia la matriz fija y forma la porción del trozo en bruto que sobresale de la matriz. Algunas piezas se forman en el punzón, otras en la matriz, algunas en el punzón y la matriz.

Al recalcar, el punzón se mueve hacia la matriz fija y forma la porción del trozo en bruto que sobresale de la matriz.

La longitud máxima que puede ser recalcada sin doblar se expresa en múltiplos del diámetro. Como regla general, pueden recalcarse  $2 \frac{1}{4}$  a  $2 \frac{1}{2}$  diámetros de un solo golpe. Si este volumen de material no es suficiente para formar el recalque requerido, pueden efectuarse dos o más golpes. El primer golpe recalca el material a un diámetro mayor y longitud reducida disminuyendo con ello el número de diámetros sin soporte para el segundo golpe. Otra regla general es que pueden recalcarse aproximadamente hasta  $4 \frac{1}{2}$  diámetros en dos golpes. No obstante cuando se utiliza un punzón deslizante, para soportar parte del trozo en bruto durante el recalado, pueden recalcarse aproximadamente hasta  $6 \frac{1}{2}$  diámetros en dos golpes. En máquinas de matrices múltiples, el número total de diámetros que puede recalcarse viene limitado por el número de golpes disponibles. Normalmente pueden recalcarse una media de dos diámetros por golpe. Por lo tanto en dichas máquinas, pueden recalcarse cuatro diámetros en dos golpes, seis diámetros en tres golpes, ocho en cuatro, etc. Utilizando un útil deslizante para el primer golpe pueden alcanzarse mayores volúmenes con menores golpes, permitiendo así, el poder realizar otras operaciones de formado o recortado en las restantes matrices.

Las máquinas de matrices múltiples, combinan frecuentemente el recalado con la extrusión (reduce el diámetro del material) para el formado de piezas de gran cabeza y corta espiga. Al contrario que el recalado, la extrusión reduce el diámetro del material inicial, al mismo tiempo que aumenta su longitud. La reducción del diámetro se expresa como reducción de sección.

Para reducciones de sección de 30 a 40 por ciento o mayores, se encierra totalmente el trozo en bruto antes de la extrusión.

Sin encerrar el trozo, las reducciones posibles son generalmente menores, dependiendo ello de las características del material. Se ha llegado a alcanzar hasta reducciones de sección de 90% al extruir con encierro ciertos materiales.

La razón de combinar ambos procesos, cabeceado y extruido; es el de poder obtener de seis a diez o más diámetros de espiga en el recalque.

Siendo así que la extrusión y el encabezado son dos operaciones distintas, cada una de ellas con sus propias limitaciones, las deformaciones máximas, deben calcularse por separado. Partiendo de material de diámetro mayor que el de la espiga requerida, extruyendo esta y recalcando finalmente la cabeza pueden obtenerse unos máximos tanto para la extrusión, como para el recalcado basándose en la dimensión del material de partida. Por ejemplo, un material de media pulgada de diámetro extruido a una reducción de sección de 80% y luego recalcado a seis diámetros de la dimensión del material de partida da como resultado un recalque de setenta diámetros de la dimensión de la espiga después de extruida.

Aunque el cabeceado en frío fué desarrollado para la producción de pernos, tornillos y remaches, es usado extensamente para otras partes, el proceso es aplicable a una amplia variedad, de partes que tienen alguna forma similar.

Debido a la necesaria alta presión del formado, y consecuentemente la maquinaria pesada implicada, el cabeceado en frío es aplicado, solamente a piezas o partes de tamaño pequeño y medio, generalmente aquellas que pueden ser pro

ducidas de alambre no mayor de una pulgada de diámetro, aún cuando es posible recalcar alambre arriba de una pulgada de diámetro.

El recalcado o el cabeceado por forjado en frío, puede ser usado para producir una gran variedad de formas bulbosas, las cuales son generalmente simétricas respecto del eje longitudinal pero pueden serlo desalineadas.

Una de las ventajas menos conocidas del proceso de cabeceado, es que las partes cabeceadas no necesitan ser simétricas. El recalcado puede estar en una punta o extremo de la parte o en alguna posición intermedia.

Virtualmente cualquier material que frío es maleable puede ser usado para cabeceado en frío. Tales materiales incluyen aceros al carbón y aleados, aceros inoxidable, cobre y sus aleaciones, aluminio y sus aleaciones, y níquel.

Los aceros de contenido de carbono entre medio y alto, y los aceros aleados, pueden ser formados, aunque a veces requieren equipos y técnicas especiales que van siendo cada día más corrientes a medida que avanza la tecnología de formado del metal.

El acabado de partes cabeceadas en frío dan apariencia de brillo, pulido y lustrado donde no son aplicados tratamientos térmicos. También tolerancias dimensionales pueden ser hechas muy cerradas. Por estas razones, a menudo las partes cabeceadas en frío pueden ser usadas en la condición de formado.

Las partes cabeceadas en frío tienen excepcionalmente segura calidad, ya que se tiene un especial cuidado en su proceso de fabricación.



La resistencia de las partes cabeceadas en frío, es aumentada por el trabajo del material en frío, a menos que sean aplicados tratamientos térmicos, la parte cabeceada en frío es superior por razones de flujo direccional del metal. Durante la operación del recalado o formado el flujo del grano de metal, se conforma o amolda al contorno de la pieza resultando el más alto grado de confiabilidad y resistencia al choque y vibración.

Las piezas pueden hacerse a veces con material de menor calidad sin sacrificar su resistencia. En otros casos puede emplearse materia prima de costo inferior. Por ejemplo aceros al carbón o de baja aleación pueden cumplir los requisitos de servicio de aceros aleados y tratados.

Puesto que en el recalado tan solo se efectúa un desplazamiento de metal, los ahorros de material son importantes en comparación por el trabajo por arranque de viruta. En muchas piezas recaladas no se produce desperdicio. Cuando es necesario efectuar operaciones de punzonado o desbarbado para completar la forma de la pieza, el desperdicio es generalmente superior a diez o veinte por ciento en contraste con el cincuenta u ochenta por ciento cuando se producen las piezas por maquinado.

En la condición de formado, el desperdicio puede ser virtualmente cero comparado con los muy altas pérdidas que acontecen al cortado de partes, de sección variable del sólido.

Además de eso las partes, son producidas a una alta velocidad (de posiblemente cincuenta piezas por minuto para tamaños grandes a varios cientos por minuto en tamaños pequeños).

Todo ello tiende a ser el proceso de cabeceado en frío muy adecuado para la producción en masa y consecuentemente muy conveniente para máxima economía de tiempo y dinero.

La formabilidad de cualquier metal depende de su resistencia a ser deformado. El límite elástico de un metal es el punto en el que el metal inicia su deformación permanente. La resistencia a la tracción es el punto en que el metal falla. La fluencia plástica se alcanza cuando la fuerza aplicada rebasa el límite elástico. Sin embargo, el metal si se estira más allá de su resistencia a la tracción, se parte, fisura o rompe. La gama de formabilidad se encuentra, por lo tanto, entre el límite elástico y la resistencia a la tracción de el metal que se trate.

Las resistencias a la tracción (resistencia final basada en la sección inicial), que aparece en la mayoría de los manuales difiere de la resistencia local a la tracción (las cargas aplicadas divididas por el área de la sección de las piezas en el momento de la fractura). Son estas resistencias reales a la tracción las que deben ser consideradas en el formado o recalado. Cuando un recalque se haya bajo una carga de compresión, la presión radial resultante en el interior del recalque motiva que las fibras circunferenciales queden en tensión. Esto puede ocasionar la separación de las fibras en sus puntos más débiles, y con ello fisuras en la cabeza. Esta situación no debe confundirse con el fisurado por cizallamiento que produce fisuras a un ángulo de 45 grados respecto a la dirección de la carga aplicada.

Al trabajar un metal en frío, se endurece debido a la reorganización de su microestructura.

Por una parte, este endurecimiento del material influye en la resistencia de las piezas formadas, pero al mismo tiempo aumenta la presión a ejercer por el utilaje para deformar el metal. Por lo gral., una resistencia a la tracción de 70 kgs. por mm<sup>2</sup> aproximadamente es la máxima para el formado de piezas normales compatible con una duración satisfactoria de utilaje, el mantenimiento de tolerancias de las piezas y una adecuada economía de producción.

El aumento de contenido de carbono y aleaciones en los aceros disminuyen su formabilidad. Los aceros de bajo contenido de carbono (con aproximadamente. 20% de carbono), son los más comúnmente usados para recalcar. Aunque este contenido de carbono es demasiado bajo para permitir un buen tratamiento térmico, la resistencia del material se mejora substancialmente por el trabajo en frío. Los aceros con contenido medio del carbono (hasta aprox. 0.45% de carbono), y que responden bien al tratamiento térmico por temple y revenido, son fáciles de trabajar en frío, pero a medida que aumenta el contenido de carbono, disminuye la formabilidad.

Los aceros aleados con más de 0.45% de carbono, entran en la gama de materiales difíciles de encabezar. Estos materiales así como ciertos aceros inoxidables, desafían las técnicas de formado en metal y con ello, puede anticiparse una corta duración de utilaje.

### 11.3.- OPERACIONES REALIZADAS EN UNA MAQUINA FORJADORA EN FRIO.

Pasos generales para la forja de tornillos.

1.- Enderezado del alambre: Este procedimiento se efectúa por medio de rodillos situados en un plano y alter-

nados en ambos lados del material, habiendo casos en que se utilizan dos grupos en planos normales entre sí.

2.- Corte: Después de ser enderezado; el material -- es introducido a la máquina por medio de un par de rodillos -- con giros intermitentes.

El corte lo realiza una cuchilla que presiona normalmente al alambre hasta producir la falla por esfuerzo cortante debiendo quedar escuadrada la cara de corte, ya que ello influye en la calidad del producto como se verá después.

3.- Extrusión del vástago: Después de haber sido cortado el trozo de material, es llevado por la misma cuchilla a la primera estación donde recibe el primer golpe para la extrusión del vástago como se ilustra en la fig. 11.2

4.- Forja de la cabeza: Esta se realiza en las dos siguientes estaciones de trabajo, formando el cono primeramente, para luego en la otra estación formar la cabeza de -- botón (torta) Habiendo sido colocado el tejo en posición, -- por el sistema o mecanismo de tenazas automáticas. (sistema de transferencia).

5.- Extrucción para la rosca: En esta estación el -- punzón empuja el perno en la matriz para formar la parte que se hace roscar dándole un diámetro menor (diámetro de paso) que el resto del vástago, como se aprecia en la fig. 11.2. Esto se hace debido a que en el rolado de la rosca, no se -- pierde material y al producirse esta, aumenta el diámetro de la cuerda.

6.- Escuadre: En esta estación la matriz de corte le dá la forma hexagonal a la cabeza por corte. Cabe aclarar -- que la cabeza ha sido forjada en las primeras estaciones en forma circular, y en la última se le forman las caras del hexágono por corte.

La forma del tornillo propiamente dicha, termina en el último punzón, ya que el trabajo de rolar y de puntear no pertenece a lo que se entiende por forja.

Cabe aclarar que el número de estaciones puede aumentar o disminuir según el tipo de máquina, pero en gral. los pesos descritos son los característicos de la forja en frío de tornillo.

7.- Punteado.- Este trabajo se le hace al perno para darle una mejor entrada a la rosca. Puede ser realizado dentro del dado en alguno de los pasos de cabeceado, o puede -- ser formado por herramientas de corte (buriles) colocados en una punteadora independiente.

8.- La rosca o cuerda.- Se le forma al perno por rolado y consiste, en pasar el perno rodando entre y a lo largo de dos dados de rolar (peines) bajo una cierta presión. - La distancia de separación de los dados roladores es determinada por el diámetro.

Nota: Todos los pasos anteriores (enderezado, alimentación, corte, extrusión, forjado de las cabeza escuadras o desbarbado, punteado y rolado), pueden ser realizados en una sola máquina. Esta máquina se le conoce como boltmaker.

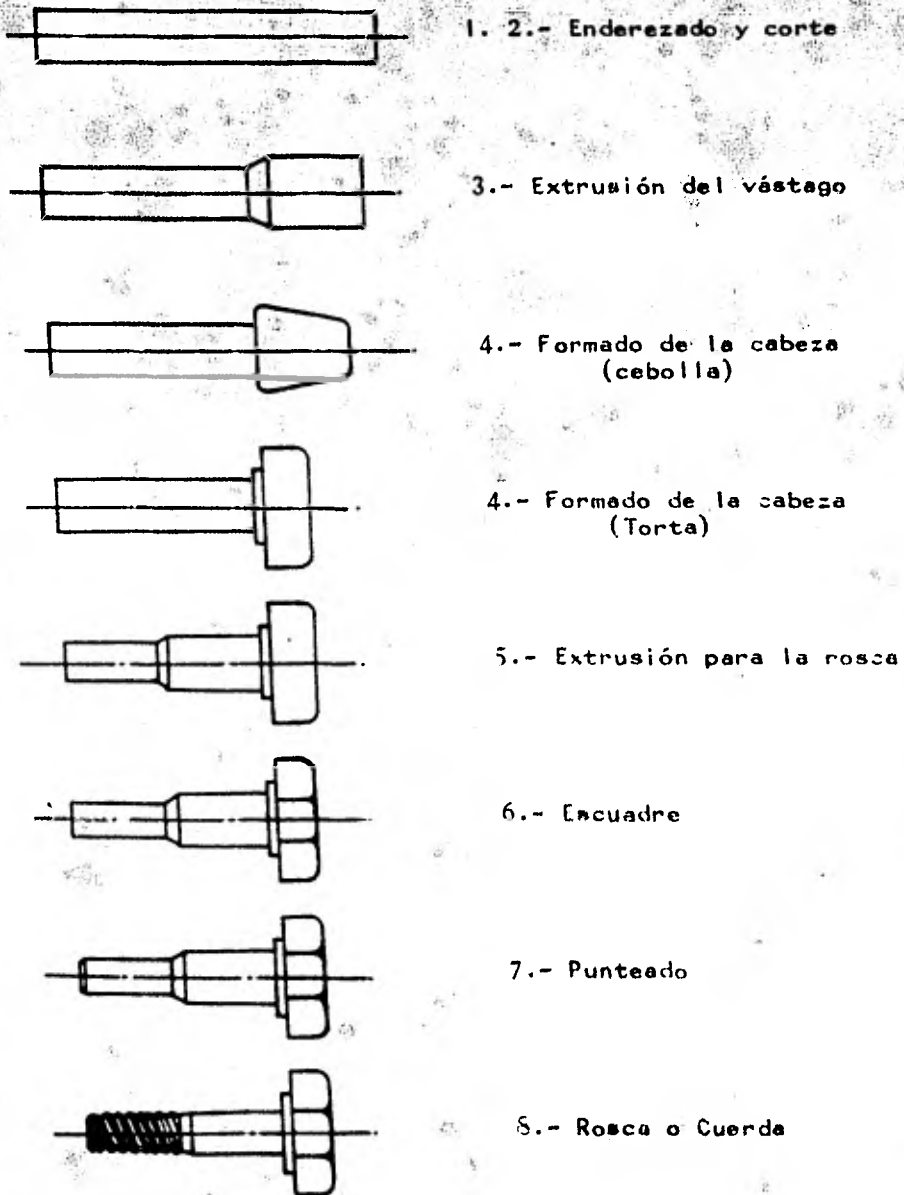


Fig. 11.2. Pasos generales para la forja de tornillos.

#### 11.4.- ROLADO DE LAS ROSCAS

El formado de las roscas por rolado es un proceso de forjado en frío confinado completamente a roscas externas por el cual al perno u otra parte cilíndrica, le son formadas las roscas sobre su superficie externa por medio de un apretamiento entre dados (pines) de movimiento alternativo (vaiven) - o rotatorio.

Debido a que nada de metal es quitado del vástago, solamente desplazado o movido, el diámetro original del tejo debe ser o estar ligeramente bajo tamaño (aproximadamente igual al diámetro del paso de la rosca) para que el material de la raíz de la rosca sea presionado hacia arriba dentro del vértice de la rosca de los dados rolandores. En el formado de roscas por corte o tarrajado, las roscas son de hecho cortadas en máquina. (Aplicándose directamente sobre el tejo sólido).

Los dados de acero endurecido son usados para rolar las roscas. Las caras roscadas o roscadoras de esos dados son presionados contra la periferia de un tejo cilíndrico liso. La rosca es formada sobre la superficie del tejo a medida que este rola o rueda sobre la superficie o caras de los dados, - como se ve en la fig. 11.3 las superficies o caras de trabajo de los dados tienen una forma de rosca inversa a la rosca que va a ser producida. Al penetrar a la superficie del tejo, los dados desplazan el material para formar las raíces de la rosca y forzan el material desplazado radialmente hacia afuera para formar las crestas de la rosca.

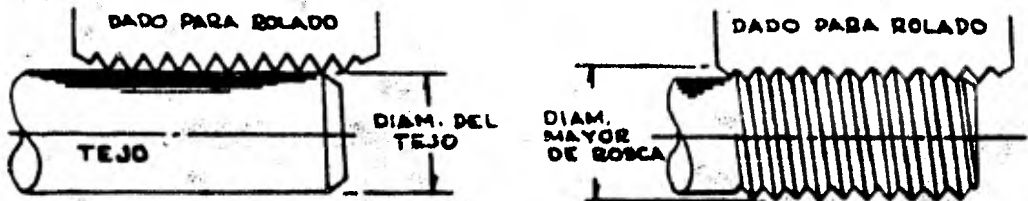


Fig. 11.3

Las rosca rolada mejoran las características físicas, dan mayor exactitud y alto grado de acabado de la superficie.

Elles son uniformemente producidas en los altos porcentajes de producción sin desperdicio de material. Estas seis ventajas que se dan a continuación nos dan la razón para el incremento del uso de rolado de rosca.

**Características físicas.**- El endurecimiento por deformación en frío que las rosca reciben durante el proceso de rolado, las fortalece en tensión, corte y fatiga.

**Resistencia a la tensión.**- El trabajo en frío de la superficie incrementa la resistencia a la tensión del material y las pruebas de tracción tienen incremento sobre el orden del 10% en resistencia de ruptura de las partes.

**Resistencia al corte.**- Cuando una rosca es rolada las fibras del material no están rígidas como lo están en otros métodos de producción de rosca, sino que están acomodadas en líneas continuas ininterrumpidas siguiendo el contorno de las rosca como en cualquier buen forjado, como se muestra en la fig. 11.4.

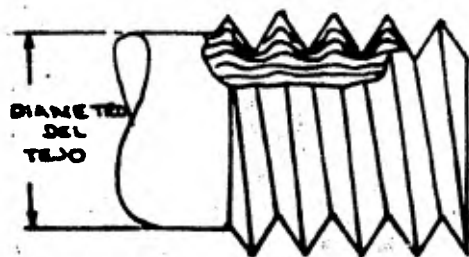


Fig. 11.4.

Las rosca roladas resiste la separación porque las fallas de corte deben tener lugar a través de las fibras de-



formadas.

**Resistencia a la fatiga.**— El rolado de las roscas incrementa la resistencia de las partes a la falla por fatiga en varios modos diferentes.

El rolado entre dados unidos permite o deja la rosca con buen pulido, raíces y flancos libres de rasgaduras que pueden servir como puntos o focos de esfuerzo, y por lo tanto puntos de inicio de fallas por fatiga.

El rolado deja también las capas de la superficie -- de las roscas, particularmente aquellas sobre la raíz, con un esfuerzo de sobre compresión. Estos esfuerzos de sobre -- compresión han de vencer o superar antes que los esfuerzos de tracción y pueden ser construidas hasta que tan solo puedan causar fallas por fatiga. Este incremento en el endurecimiento de la raíz, hasta de un 30% se suma considerablemente a las partes como resistencia a la fatiga.

Ha sido repetidamente demostrado que cualquier sujetador que es adecuadamente apretado cuando es instalado y permanece apretado continuamente de por vida, es menos susceptible de fallar por fatiga que uno que no sea ensamblado correctamente, aunque venga a ser aflojado en el servicio. En las roscas producidas por cualquiera de los métodos de corte, se desprenden pequeñas partículas de material durante el servicio, lo cual provocará el aflojamiento del tornillo.

Las roscas roladas no disminuyen la resistencia a la fatiga cuando son calentadas por varias horas a temperaturas aproximadamente de 500 °F, mientras que la resistencia a la fatiga de las roscas producidas por otros medios tienen una disminución de hasta un 25% empleando el mismo tratamiento térmico.

El mejoramiento de la resistencia a la fatiga resultante de todos los factores anteriores, está sobre el orden de 50 a 75%.

Sobre pernos con tratamiento térmico de Rockwel C, - con una dureza de 36 a 40 grados después de roladas las roscas, muestran en pruebas un incremento de resistencia a la fatiga de 5 a 10 veces más que las roscas cortadas.

## 11.5 - MAQUINAS PARA FORJADO EN FRIO.

### a).- Partes principales de la máquina

El equipo utilizado para efectuar la fabricación de tornillo pertenece al tipo de maquinaria pesada y se le denomina como cabeceadoras o máquinas forjadoras de "tornillo". Estas máquinas tienen como característica especial la robustez, ya que deben resistir el impacto constante de la forja; de allí que sean sus componentes piezas de alta resistencia, que transforman el movimiento rotatorio del motor en un movimiento lineal para el forjado.

Las partes principales de que se compone una máquina forjadora de tornillo son:

- 1.- Bastidor o Cuerpo.
- 2.- Cigüeñal o Volante.
- 3.- Biela.
- 4.- Carro de punzones. (Cabecadores).
- 5.- Mecanismos.
- 6.- Motor.
- 7.- Sistema de protección y lubricación.

1.- Bastidor.- Es el cuerpo de la máquina que soporta y aloja todo el resto de las partes, a las cuales mantiene en su posición de trabajo, llevando así todo el peso de la forja. Es generalmente hecho de una pieza vaciada de acero fundido o fierro de fundición y con los alojamientos para las otras partes maquinados (barreros, correderas, etc.)

2.- El Cigüeñal y Volante.- El primero se caracteriza por sus grandes dimensiones ya que al accionar la biela - a su vez conecta directamente al carro porta punzones; recibe íntegro prácticamente el golpe del forjado del total de -

los punzones. Es por lo general de solo un tramo excéntrico y se construye de acero aleado para maquinaria.

El volante tiene, además de transmitir el movimiento, la función de conservarlo, por lo que es necesario construirlo con gran masa que le proporciona una alta inercia. En algunos tipos de máquinas va acoplado al cigueñal y en otros - en la flecha del freno.

3.- Biela.- La función de esta parte es la de complementar al cigueñal para la transformación del movimiento y - debido a su posición intermedia entre aquel y el carro es -- también construída robustamente.

4.- Carro porta-punzones.- Esta parte tiene una forma general cúbica y su movimiento es lineal, de deslizamiento - sobre correderas de bronce. Por ser su función principal soportar los punzones debe tener una estabilidad que resista - el impacto del total de dichas piezas y por ello se construye con gran masa utilizando para ello acero aleado.

5.- Mecanismos.- Todas las máquinas forjadoras están provistas de un número de mecanismos por lo general accionados por levas o excéntricos, que varía con la capacidad y diseño pero, en la mayoría de ellos sirve para propósitos semejantes como son: corte, alimentación, transferencia de estaciones, lubricación, etc.

6.- Motor.- La fuerza motriz es proporcionada por motor eléctrico de inducción, utilizando bandas "V" para transmitirla a la máquina, habiendo en algunos casos un reductor de engranes intermedio.

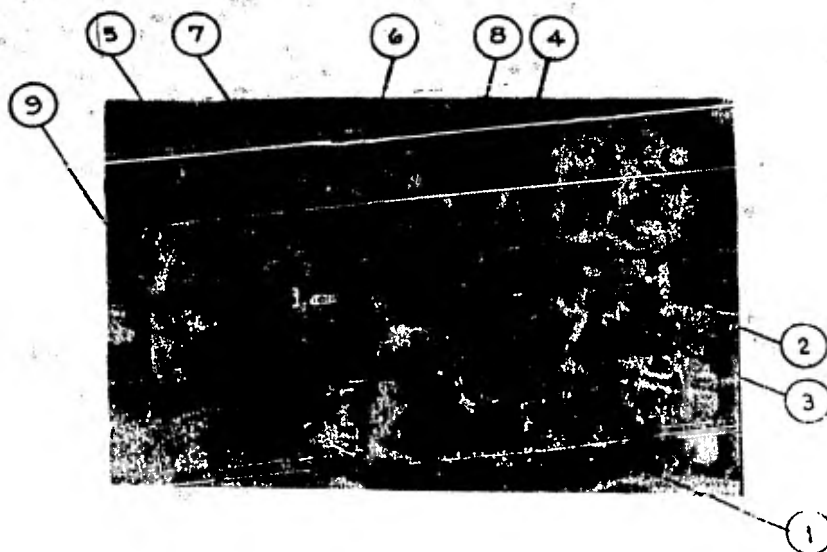
7.- Las forjadoras modernas utilizan sistemas centralizados de lubricación, constando este equipo de bombas, ductos y dosificadores.

**PROTECCION.-**

Toda máquina moderna esta proviata de sistemas eléctricos de protección contra fallas mecánicas y de lubricación por medio de microswitchs colocados en los puntos a proteger.

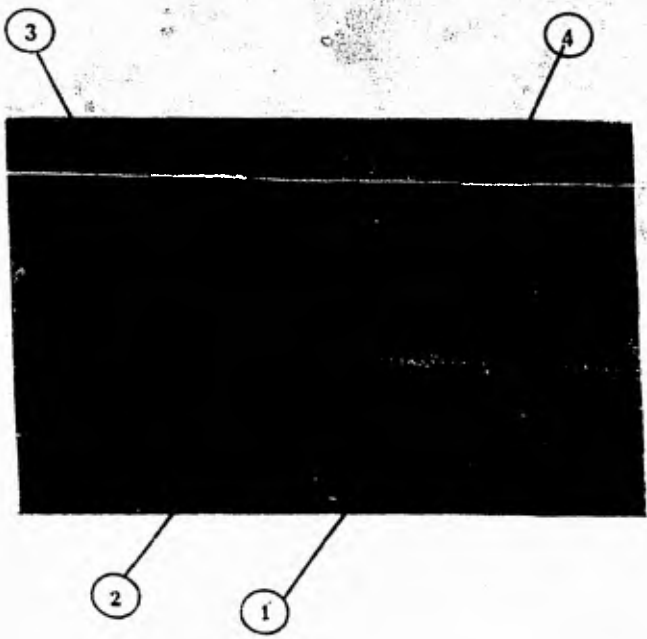
Es obvio que a su vez la instalación eléctrica está protegida contra sobrecargas.

Es utilizado para el frenado el sistema de aire con frenos de balatas en unos casos y sistemas de discos en otros. Ambos muy fuertes por la necesidad de parar la máquina rápidamente en los casos de obstrucción de los tejos, o rotura de partes o herramientas.



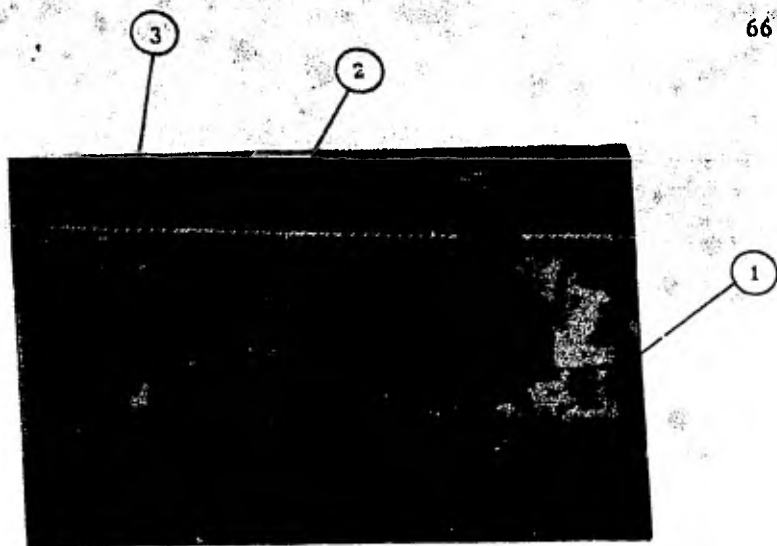
- 1.- ACCIONAMIENTO DE BOTADORES (PALANCAS)
- 2.- RODILLOS ALIMENTADORES
- 3.- RODILLOS ENDEREZADORES
- 4.- BOTADORES
- 5.- CONTROL DE LA MAQUINA (TABLIEROS)
- 6.- CONTROL DE RODILLOS DE ALIMENTACION
- 7.- TURO TRANSPORTADOR
- 8.- SISTEMA (NEUMATICO) ACCIONAMIENTO DEL PORTA-DADOS
- 9.- MOTOR DEL SIST.- DESPUNTE

FIG. 11.4.1



- 1.- MOTOR
- 2.- TRANSMISION BANDAS "V"
- 3.- VOLANTE
- 4.- TABLERO (CONTROL ELECTRICO)

FIG. 11.4.2.



- 1.- CARRO PORTA - CABECEADORES
- 2.- TUBO TRANSPORTADOR
- 3.- SISTEMA DE DESPUNTE

FIG. 11.4.3.



## b).- TIPO DE MAQUINAS UTILIZADAS

La naturaleza de las operaciones a efectuar exige -- máquinas robustas, pero algunas son pequeñas (con peso de -- aproximadamente 1200 Kgs) y otras son grandes (aproximada -- mente de 225000 Kgs.), variando así mismo sus capacidades. Puesto que tan sólo, una cierta cantidad de material puede -- ser formada en un golpe, se utilizan generalmente para dos -- cribir las máquinas, el número de matrices y la capacidad -- en diámetros de alambre. La mayoría de las máquinas cuentan -- con medios para alimentación de alambre, corte, transferencia -- de las piezas y expulsión.

Las encabezadoras de golpe simple tienen una matriz -- y un punzón; se emplean para producir piezas sencillas que -- pueden formarse con un solo golpe. Las encabezadoras de bo -- las son una variación de este tipo de máquinas alcanzan has -- ta 600 piezas/min.

Las encabezadoras de doble golpe, tienen una matriz -- y dos punzones. Se efectúan dos golpes de encabezar en una -- matriz sobre cada trozo en bruto. El primer punzón entra en -- contacto con la pieza y al retroceder el charrión de encabe -- zar oscila el balancín de punzón y posiciona el punzón de -- acabado en alineación con la matriz para el segundo golpe. Este es el tipo de máquina más popular para la producción de -- tornillería en bruto.

Las encabezadoras de tres golpes y dos matrices, -- tienen dos matrices y tres punzones. Del mismo diseño básico -- que las encabezadoras de doble golpe, estas máquinas propor -- cionan la ventaja adicional de extruir o recalcar en la pri -- mera matriz antes del segundo golpe de encabezado o de enca -- bezar y desbarbar en la segunda matriz. Tales máquinas se -- utilizan para producir tornillos especiales de gran cabeza y

pequeña espiga, combinando la extrusión encerrada y el recalado en una sola encabezadora. También son adecuadas para -- hacer piezas de diámetros escalonados en las que la trans -- ferencia entre matrices sería difícil.

Las encabezadoras progresivas o transfer, son má -- quinas de estaciones múltiples de entre dos y cinco matrices e igual número de punzones. Un sencillo mecanismo de trans -- ferencia mueve las piezas desde el cortador a lo largo de -- las sucesivas matrices. Los golpes de recalado múltiple jun -- to con las operaciones combinadas de extrusión, punzonado y -- desbarbado, hacen de estas versátiles máquinas las ideales -- para piezas de espiga larga. Las capacidades alcanzan hasta -- materiales de 1" de diámetro y piezas de hasta 9" de longi -- tud bajo cabeza.

Las boltmaker son encabezadoras de tres o cuatro ma -- trices que combinan el encabezado, desbarbado, punteado y -- roscado en una sola máquina. Se utilizan ampliamente para -- fabricar tornillos de cabeza hexagonal y cabeza embutida en -- teramente acabados, y su versatilidad permite producir una -- gran variedad de piezas especiales roscadas. Sus capacidades -- alcanzan hasta material de 1 plg. de diámetro y las produc -- ciones varían hasta 300 piezas/min.

#### c).- ESPECIFICACIONES DE LAS MAQUINAS FORJADORAS

El cabeceado o forjado en frío se refiere principal -- mente a la operación de formar en estado frío una cabeza o -- alguna forma semejante, generalmente en un extremo de un tro -- zo de alambre o barra.

El tipo de cabeceador empleado depende de:

- 1.- El largo de material necesario para formar la -- cabeza (recalcado).

- 2.- La longitud de vástago debajo de la cabeza.
- 3.- El lugar de la parte recalcada sobre la pieza que va a ser producida.
- 4.- La forma de la parte recalcada

Los tipos de dados utilizados son:

- 1.- Dado sólido
- 2.- Dado abierto.

Ambos tipos son construídos actualmente para usar - se con uno, dos o más punzones cabeceadores y de acuerdo con esto son llamados de carrera simple, carrera doble, carrera-triple o cabeceadora de golpe múltiple.

El tipo de carrera simple requiere una revolución de el volante para formar por completo el artículo a fabricar.

La doble carrera requiere dos revoluciones.

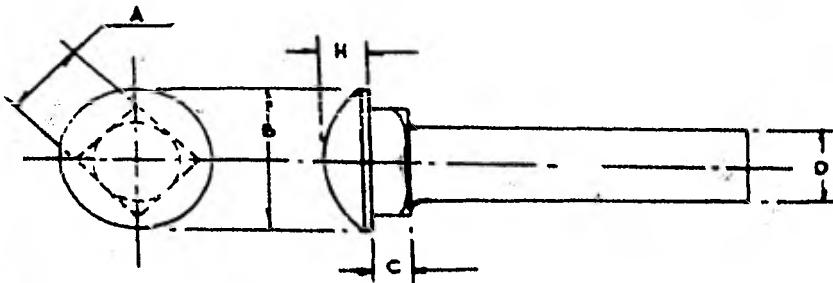
La triple carrera requiere tres revoluciones.

Cuando la capacidad de una máquina forjadora en frío es designada por diámetro máximo de alambre, este dato especifica la fuerza de cizallamiento disponible en la máquina para cortar el diámetro más grande de una clase determinada de alambre. En algunas máquinas este dato esta en términos de material con una resistencia a la cizalla de 70 000 PSI.

El volumen y área del material que va a recalcar, es el que realmente define el tonelaje requerido y de esto debe elegirse el más apropiado tipo de máquina.

Una cabeza delgada de área considerable requiere mucho mayor presión que una cabeza de espesor grueso con un diámetro comparativamente menor al anterior, siendo en ambos casos el mismo volumen de metal.

La siguiente tabla basada en las presiones necesarias para tornillo coche el cual requiere más tonelaje que el tornillo "cap" mostrará aproximadamente el diámetro de la cabeza conveniente en relación con el diámetro del alambre utilizado y el tipo de máquina recomendado en función de la presión del recalado necesario.



TORNILLO COCHE

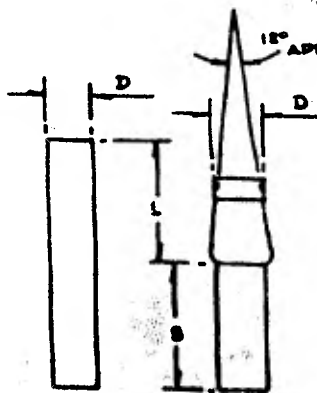
D Diámetro del alambre nom.	B Diámetro de la cabeza	H Espesor de la cabeza	A Ancho del cuadro	C Altura del cuadro	Ton. Req. p/recalcar
3/16"	.530"	.120"	.205"	.125"	40
1/4 "	.610"	.142"	.260"	.125"	50
5/16"	.730"	.168"	.320"	.187"	65
3/8 "	.844"	.194"	.382"	.187"	100
7/16"	.970"	.220"	.450"	.250"	115
1/2 "	1.094"	.250"	.510"	.250"	125
5/8 "	1.343"	.343"	.630"	.250"	200
3/4 "	1.593"	.375"	.735"	.250"	300

Determinado en prensa de pruebas hidráulicas.

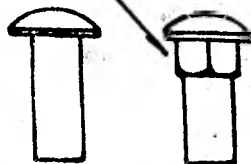
La fuerza encabezadora disponible en las máquinas forjadoras de varias estaciones de trabajo (cabeceras progresivas o de estaciones múltiples) no está relacionada directamente con la fabricación de tornillo coche, porque esa no es la clase de piezas para las que se usan estas máquinas.

Estas máquinas entregan suficiente fuerza encabezadora para formar las piezas más difíciles elaboradas típicamente por ellas.

Angulo incluido en  
el cono.



El control empieza  
cuando el recalcar  
se inicia.



D Diámetro del alambre  
que va a ser forjado.

S Largo del vástago

L Largo del alambre nece  
sario para formar la  
cabeza.

En una máquina forjadora o cabeceadora de carrera doble del tipo de dado Sólido "S" no deberá exceder de 8 veces el diámetro del alambre para velocidades normales y pueda ser hecha tan corta como se desee.

En una máquina cabeceadora del tipo de "Dado Abierto" la longitud del vástago no deberá ser menor de  $4D$ , en caso contrario el grueso del dado deberá aumentar razonablemente para resistir la presión de cabeceo que será ejercida.

El número de piezas por minuto se refiere a la velocidad óptima a la cual puede girar el cigueñal de la máquina, multiplicada por el número de piezas producidas por revolución.

#### 11.6.- EQUIPO PARA ROLADO DE LA CUERDA DEL TORNILLO:

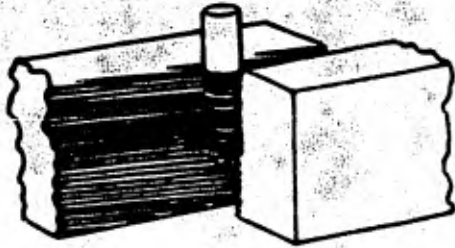
El equipo y las herramientas usadas para la producción de roscas roladas dependen usualmente de la naturaleza de la parte, el tipo y especificaciones de la rosca y las cantidades requeridas. Cantidades tanto pequeñas como grandes pueden ser roladas económicamente sobre máquinas de alimentación manual ya que el arreglo o dispositivo es normalmente simple y rápido y muy poco tiempo es consumido en el rolado de la rosca.

La uniformidad de las roscas producidas por rolado elimina costos de inspección. Para asegurar las condiciones más satisfactorias de rolado y vida del dado, es importante que el tamaño y tipo del equipo sea el adecuado.

Las mejores condiciones de rolado y la vida máxima del dado pueden solamente ser obtenidos cuando son usadas velocidades correctas de los dados y número de las revoluciones del tejo. Esto es particularmente real cuando se requieren exactitud cerrada para la redondez y tamaño, especialmente en los materiales más duros. Demasiadas revoluciones de tejo pueden tener una tendencia a endurecer algunos tipos de materiales y por lo tanto reducir la vida de los dados.

Equipo.- La mayor parte de las roscas producidas actualmente son roladas en máquinas roladoras de rosca.

Los dados planos como los que se muestran en la figura son usados en roladoras de rosca con movimiento alternativo, incluyendo máquinas del tipo formadora de pernos (boltmaker). Estas máquinas son construidas en varios tamaños, cada uno para un rango de diámetros limitado y con un largo de dado especificado.

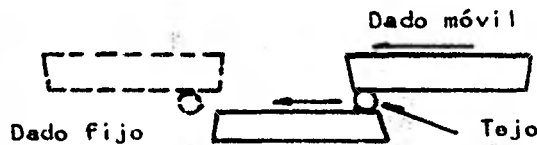


### Dado Plano para Rolado

Fig. 11.5

(Peines)

Dos dados son usados, uno estacionario y uno móvil estando las caras de rolado de los dados opuestas o enfrente una de la otra. Una rosca es rolada sobre un tejo en un tiempo durante la carrera hacia adelante de la máquina. No hay movimiento axial apreciable del tejo durante el rolado. El diámetro de la rosca acabada es controlado por el diámetro del tejo y la distancia entre las caras de los dados al acabar o terminar el extremo de la carrera. Refiérase a la figura. 11.6.



Máquina de movimiento alternativo

Fig. 11.6.



El número de revoluciones suministrado para el rolado de una rosca sobre un tejo depende del largo del dado, y el porcentaje de penetración es determinado por el perfil o contorno del dado. El tamaño de rosca mayor que es rodada en máquinas de movimiento alternativo es aproximadamente una -- pulgada.

La penetración promedio es usualmente mucho mayor en el comienzo de la carrera de rolado que en el final. Cuando partes de acero son rodadas en máquinas de movimiento alternativo, las roscas largas del diámetro máximo de capacidad -- generalmente requieren mayores revoluciones del tejo que las roscas cortas. Por eso es algunas veces necesario usar el -- tamaño mayor de máquina.

Un considerable calor es generado en el rolado de -- tejos con tratamiento térmico, especialmente en tamaños grandes y mas bajas velocidades de rolado son requeridas máquinas de movimiento alternativo para hacer mínimo esta condición de calentamiento. Un copioso suministro de refrigerante líquido es comunmente usado para reducir la temperatura de -- ion tejos y de los dados. Unidades especialmente refrigeradas con soluble refrigerantes son algunas veces usadas para -- este propósito.

## 11.7. HERRAMIENTAS PARA EL CABECEADO DE TORNILLOS EN FRIO, EN MAQUINAS PROGRESIVAS.

### Introducción.

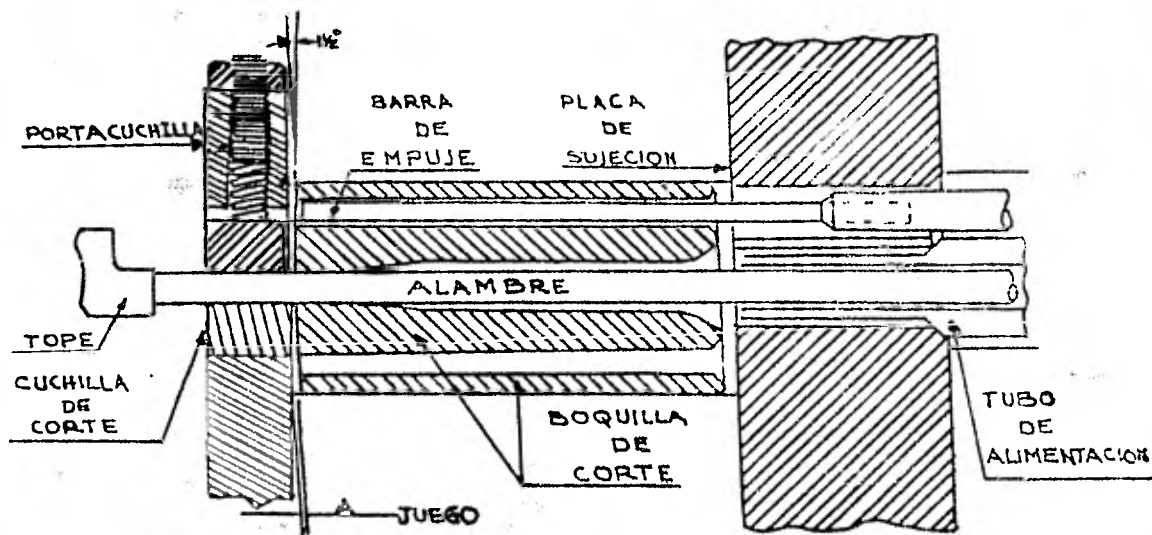
Cuando se diseña un utilaje para formar una cierta pieza, el primer paso es establecer una secuencia de operaciones, es decir, la sucesión de operaciones desde la materia prima hasta la forma acabada. De esta disposición parten las bases esenciales: diámetro de alambre o de varilla, longitud de corte y número de matrices y útiles de encabezar requeridos. Estos datos, junto con la configuración general y tamaño de la pieza, indicarán el tipo y capacidad de la máquina necesaria.

Una vez establecido el tamaño de alambre o de varilla, pueden seleccionarse las unidades para el manejo de material. Rodillos de enderezado y alimentación, guías, tubos de alimentación, cortadores y boquillas pueden ya dimensionarse de acuerdo con el diámetro de alambre o de varilla. Es esencial un buen conocimiento de las tolerancias de fluencia de metal y de diseño de utilaje, pero los siguientes detalles pueden facilitar un conocimiento básico del procedimiento de recalcado.

### Requisitos de los trozos en bruto cortados

Una buena calidad de corte es importante para un recalcado satisfactorio. Los trozos en bruto con extremos presentando una distorsión mínima proporcionan mayor duración en las herramientas, mejor control de la fluencia de metal y mejores condiciones finales en las piezas acabadas. La calidad en los trozos cortados en bruto viene determinada por el tipo de alambre o varilla (material y dureza), diseño del utilaje de corte y reglaje del mecanismo de corte.

El utilaje de corte consiste en una boquilla o cortador fijo situado en el bloque matriz y un cortador móvil inserto en una placa montada en un charrión o en una palanca. El alambre o varilla avanza a través de la boquilla o cortador fijo hasta que llega al tope fijo de galgado de material, como se ilustra en la figura 11.8. El diámetro interior de la boquilla debe ser superior aproximadamente en  $1\%$  al diámetro del alambre. El diámetro interior del cortador móvil debe ser  $1/2\%$  mayor que el diámetro interior de la boquilla (o  $1-1/2\%$  mayor que el diámetro del alambre).



Bloque matriz

Fig. 11.8.

El juego axial entre las caras adyacentes de cortador y boquilla (cota A en la figura 11.8.) varía con el tipo de material a cizallar. Como punto de partida, este juego puede ser de 0.020 veces el diámetro de alambre. Los alambres de acero dulce precisan algo más de juego y, por el contrario, los materiales más duros suelen cizallarse mejor con menos juego. La calidad de los trozos cortados en bruto determinará el juego final a utilizar. En la fig. 11.8.1 se muestran las características de diseño de la boquilla y cuchilla de corte.

#### Diseño de los útiles de hacer el cono.

En el encabezado por dos golpes, el primero de ellos recalca el material a diámetro mayor, reduciendo de este modo la longitud de material libre para el segundo golpe. Para muchas piezas, el primer golpe produce una forma tronco cónica alargada y la operación de hacer el cono se llama, algunas veces, recalcado del bulbo o martillado. El segundo golpe se denomina a veces de acabado, recalque de acabado, encabezado y segundo martillado o martillado final.

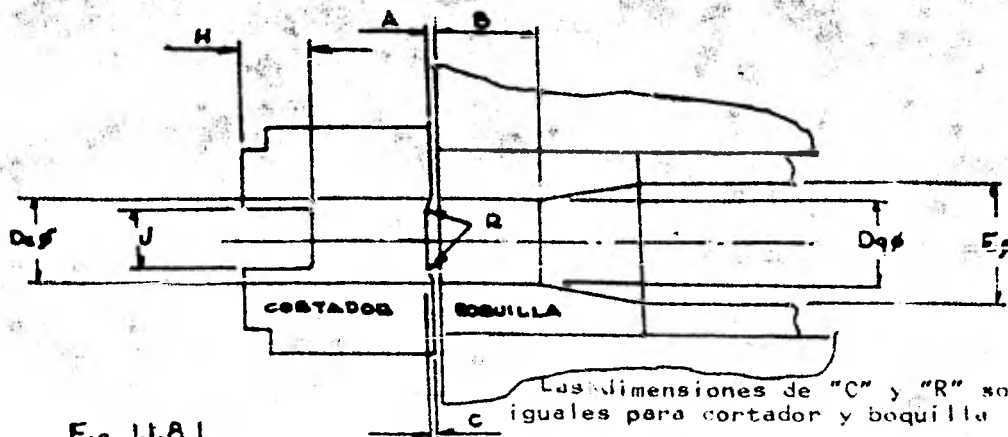


Fig. 1.1.8.1

Las dimensiones de "C" y "R" son iguales para cortador y boquilla

A = Claro entre cortador y boquilla. Varía con la dureza del alambre usualmente requiere gran claro para alambre con poca dureza y claro pequeño para alambre con mayor dureza.

B = 1.0 X diámetro máximo del alambre. (normal)  
2.0 X diámetro máximo del alambre. (máximo)

C = 0.037 X diámetro máximo del alambre. Puede incrementarse para alambre con poca dureza o disminuir y eliminarse para alambre con mayor dureza.

$D_q = 1.01 \times$  diámetro máximo.

+0.002

$D_c = D_q$

+0.003

E = 1.25 a 1.33 X diámetro máximo del alambre

H = Longitud del cortador - longitud del tejo + 1/16 a 1/8

J = 0.7 X diámetro máximo del alambre

R = Diámetro del alambre

Debe insistirse sobre la importancia de la operación de hacer el cono. La razón de éste es disminuir la longitud de material no sujeto a menos de  $2 \frac{1}{2}$  veces el diámetro medio del cono, para el golpe de acabado. El diámetro medio del cono es la mitad de la suma de los diámetros mayor y menor. Esta longitud no soportada se recalcará satisfactoriamente en el segundo golpe o golpe de acabado.

En la figura 11.9 se presentan detalles sobre la forma correcta de recalcar el cono y el diseño del utilaje correspondiente siguiendo esta regla se mantendrá la flexión dentro de límites aceptables durante el primer golpe. La distancia  $G+H$  es la longitud no sujeta al principio del recalcado. Si el agujero de la matriz está refundido en una cierta profundidad, esta debe añadirse a  $G+H$  ya que aumenta la longitud no sujeta. En tales casos  $H$  puede llegar a ser mayor que  $G$ , necesitándose entonces una herramienta deslizante para hacer el cono, la cual será descrita más adelante.

Aumento de la cantidad de recalque.

Entre los consejos para el recalcado del artículo anterior "Fundamentos de recalcado" se indicaba que pueden recalcarse  $4 \frac{1}{2}$  diámetros de material en dos golpes. Sin embargo, de seguir estrictamente las reglas de la figura 11.9. parecerá que tan solo permiten recalcar  $3 \frac{1}{4}$  diámetro de material el hecho es que dichas reglas significan unos límites de seguridad, pero en la práctica se sobrepasan frecuentemente.

Por ejemplo, el diámetro  $C$  puede aumentarse a 1.33 veces el diámetro  $B$  y las  $2 \frac{1}{4}$  veces el diámetro medio del cono pueden pasar a ser 2.4 ó 2.5 veces  $J$ . Con solo la combinación de estos dos aumentos se llegará a aproximadamente 4 diámetros de material a recalcar en dos golpes. No obstan-

te, debe recordarse que algo se sacrifica (concentricidad -  
apariencia, características de la fluencia de las fibras o -  
calidad en general de la pieza) cada vez que se rebasa una -  
regla. En algunas aplicaciones tal sacrificio puede ser una -  
desventaja mientras que en otros casos no tendrá importancia.  
El medio de conseguir más aumentos, para permitir recalcar -  
4 1/2 diámetros de material, consiste en acampanar la boca -  
de la herramienta de hacer el cono según se muestra en la -  
figura 11.10. Primeramente debe determinarse el punto de do -  
blez del material, que se halla en el centro de la distancia  
entre los puntos de apoyo (1/2). Situada entonces la herra -  
mienta de hacer el cono en la posición en la que se inicia -  
el recalcado del mismo, puede acampanarse su boca frente al -  
punto de dobléz. Esto permite recalcar más material, en el -  
cono. El acampanado de la boca debe hacerse cuidadosamente -  
para evitar la transición brusca entre el suave ángulo del -  
cono y la boca acampanada, evitando así que se produzca en -  
la pieza acabada un solapado al plegarse el material hacia -  
atrás sobre si mismo.

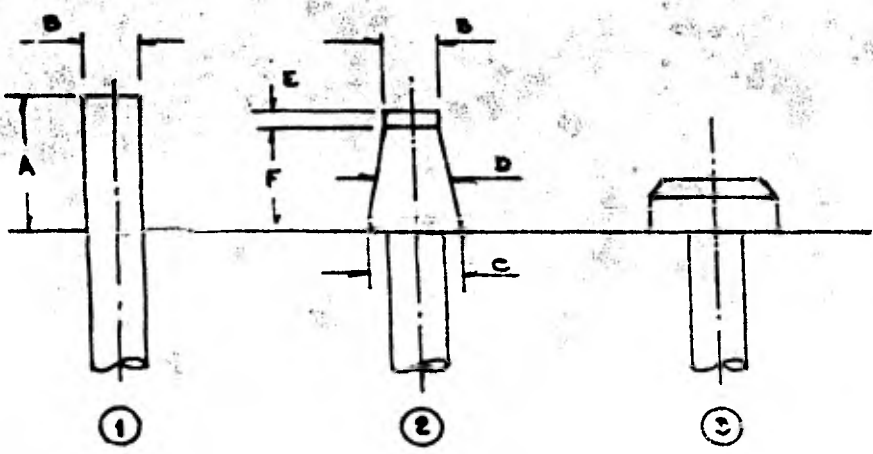


Fig. 11.8.11

1 Alambre: 2 Cono: 3 Recalque

Volumen recalque acabado  $\div$  área B = longitud A

Longitud A  $\div$  diámetro B = número de diámetros de material

(diámetro B) 1.25 = diámetro C

(Área B + área C)  $\div$  2 = área media D

Volumen sección A B - volumen sección E B = volumen sección BCF

Volumen sección BCF  $\div$  área media D = longitud F



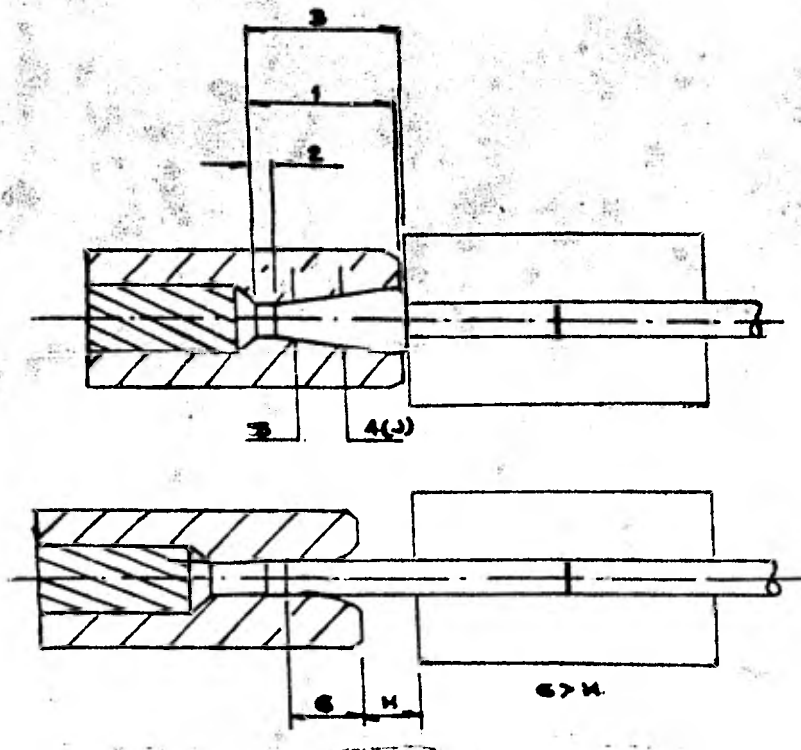


Figura Número 11.9.

Detalles sobre la forma correcta de recalcar el cono y el diseño del utilaje correspondiente.

La flexión se mantiene entre límites aceptables durante el primer golpe, si se siguen estas reglas.

La operación de hacer el cono reduce la longitud no sujeta a menos de 2.25 veces el diámetro medio del cono.

- 1.- máx  $2.25 \times$  diámetro medio  $J$  del cono.
- 2.-  $(0.5) \times$  diámetro de alambre o inferior.
- 3.- Determinado por cantidad de material en la cabeza del tornillo.
- 4.-  $J =$  diámetro medio.
- 5.- Boca del cono =  $1.25 \times$  (diámetro del alambre).

Otra cuestión de gran importancia para diseñar un útil de hacer el cono que controle adecuadamente el material, es regular el diámetro en el punto de doblé. De acuerdo con las reglas de la figura 11.9. el ángulo, del cono variará con la cantidad de material a recalcar. El diámetro del cono en el punto de doblé no debe ser mayor de lo necesario para poder hacer bien el cono siguiente o el recalque final en la operación ulterior.

Si la matriz esta refundida puede ocasionar que el punto de doblé quede cerca o fuera del extremo frontal del útil de hacer el cono, como se ve a la izquierda de la figura 11.11 resultando así un recalque defectuoso. Para evitarlo debe emplearse un útil deslizante (como el que se ve a la derecha), aunque quede menos de  $4 \frac{1}{2}$  diámetros de material no sujeto en el recalque. Este diseño permite que el útil se desplace delante del punto de doblé.

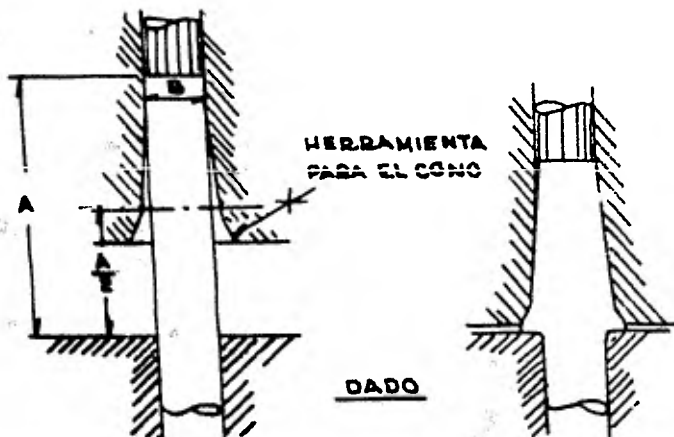


Fig. 11.10

El acampanado de la boca del útil de hacer el cono permite recalcar  $4 \frac{1}{2}$  diámetro de material. Con el útil situado en la posición inicial de recalque (izquierda), este acampanado debe estar frente al punto de doblé que se halla en el centro de la distancia entre los puntos de apoyo,  $A/2$ .

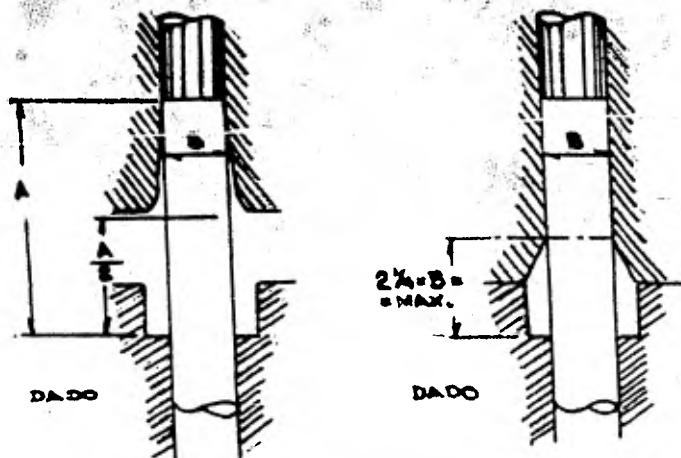


Fig. 11.11.

La matriz refundida puede ocasionar que el punto de doblez quede cerca o fuera del extremo frontal del útil macizo de hacer el cono (izquierda).

Para evitarlo debe emplearse un útil deslizante como se ve a la derecha.

La regla general que indica que puede recalarse  $2\frac{1}{4}$  diámetros en un golpe se aplica bien a remaches y otras piezas sencillas. Sin embargo, esto no significa que todas las cabezas con un volumen de menos de 2 diámetros deban hacerse con un solo golpe.

El hacer el cono antes del encabezado final proporciona un mejor control en la operación y produce cabezas más concéntricas y uniformes. Frecuentemente el cono se realiza progresivamente sobre máquinas de matrices múltiples.

En muchos casos el primer golpe se utiliza para preformar en vez de para hacer recalques cónicos. En la fig. 11.12 se presentan unos pocos ejemplos de tales preformados y de las cabezas en su forma final, producidas por dos golpes de recalcado. La configuración del punzón de hacer el cono para tales piezas se determina generalmente de acuerdo con la forma requerida para la cabeza acabada.

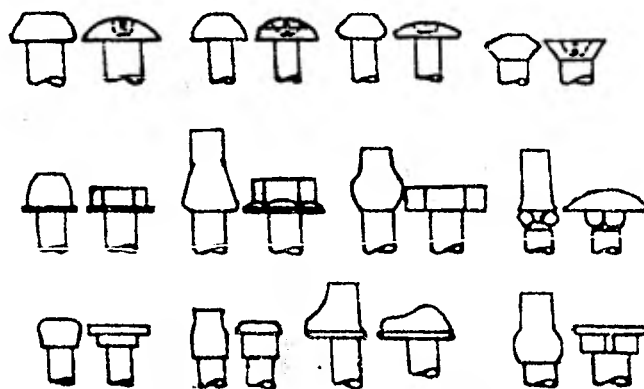


Fig. 11.12

Frecuentemente el primer golpe se utiliza para preformar en vez de para hacer recalques cónicos.

Se muestran aquí ejemplos típicos de tales preformados y de las cabezas en su forma final producidas por dos golpes de recalcado. La configuración del punzón de hacer el cono depende de la forma final de la cabeza.

Uso de espárragos en útiles de hacer el cono.

En la figura 11.13 se ve en A un conjunto típico de un útil fijo de hacer el cono. Se emplea una placa tope, que aparece en el extremo derecho del conjunto, para distribuir la carga de formado y proteger las piezas de la máquina. Para facilitar la realización del utilaje y hacer sencillo su recambio, el espárrago del útil se diseña como pieza independiente.

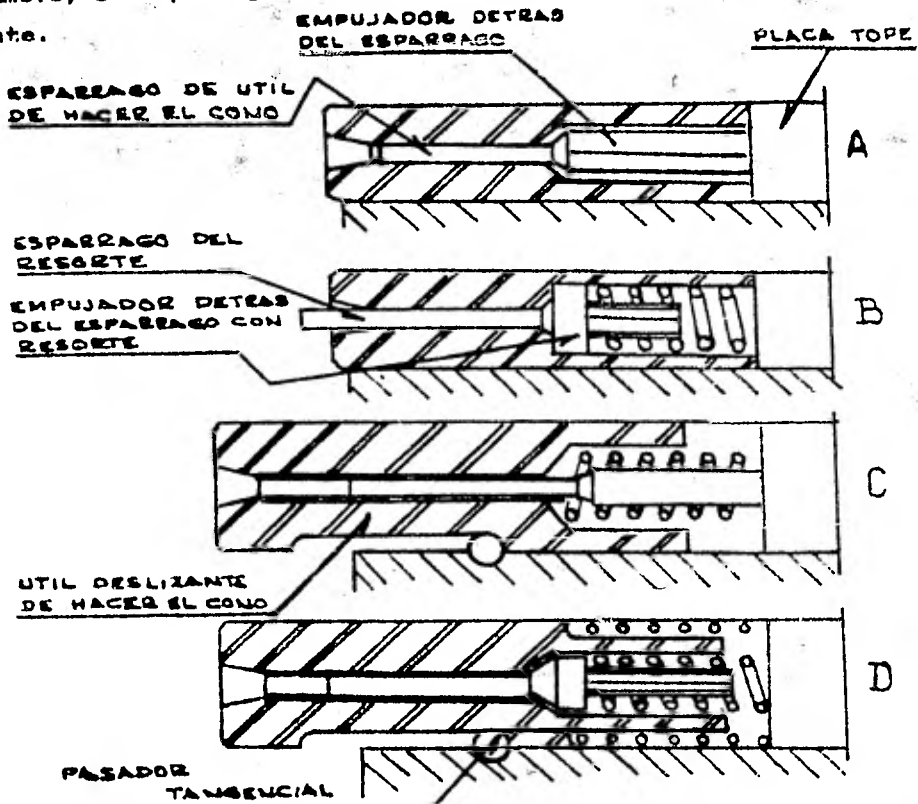


Fig. 11.13

En A se muestra un útil fijo de hacer el cono, con espárrago independiente, empujador y placa tope. En el útil fijo de hacer el cono en B se observa el espárrago a resorte, necesario para piezas en bruto cortas. Los útiles deslizantes de hacer el cono empleados para trozos largos, aparecen en C, y D.

El dibujo a fig. 11.13 ilustra un útil fijo de hacer el cono con espárrago a resorte, necesario cuando las longitudes del trozo en bruto son cortas. Los dedos de transfer que llevan el trozo en bruto a la matriz deben controlar el trozo hasta que este es empujado suficientemente en el interior de la matriz, y evitar así que caiga. El espárrago a resorte lleva más rápidamente el trozo en bruto al interior de la matriz y da más tiempo a los dedos de transfer para que se aparten de enfrente del útil en movimiento. Cuando el trozo en bruto pueda asentado en la matriz, el espárrago de hacer el cono pasa a la posición que muestra el dibujo A.

El dibujo C ilustra un útil deslizante de hacer el cono para recalcar grandes longitudes o para un más preciso control de la concentricidad. El dibujo D muestra una combinación de espárrago a resorte y útil deslizante de hacer el cono para el recalado de cabezas grandes en espigas cortas. Útiles deslizantes de hacer el cono.

En la fig. 11.14 se representan tres etapas en el funcionamiento de un útil deslizante de hacer el cono con espárrago a resorte. Aunque este conjunto de utilaje es el más complicado, es también el más versátil. Pueden recalarse con el hasta 6 diámetros de material en dos golpes.

Según aparece en la parte superior dibujo A, fig. 11.14 un resorte situado detrás del útil deslizante lo mantiene hacia adelante y contra un pasador tangencial hasta el límite de la entalla. Un segundo resorte empuja hacia adelante al espárrago tal como antes se a descrito. En este dibujo aparece el trozo en bruto a punto de ser empujado dentro de la matriz.

En el dibujo B el trozo en bruto se halla por entero en la matriz y en el útil de hacer el cono y está a punto de iniciarse la fluencia del metal. En ese momento, la longitud R es la única parte del trozo que no queda sujeta y equivale a  $2 \frac{1}{4}$  diámetro o menos. El útil de hacer el cono sujeta el resto del trozo en bruto que queda fuera de la matriz.

A medida que el charrión de encabezar continua su movimiento hacia adelante, el espárrago empuja el trozo fuera de la parte recta del agujero y hacia el interior de la cavidad cónica del útil como aparece en el dibujo C. De esta forma puede recalarse hasta 6 diámetros de material en dos golpes si se dejan tan solo  $2 \frac{1}{4}$  diámetros medios sin sujeción después del primer golpe.

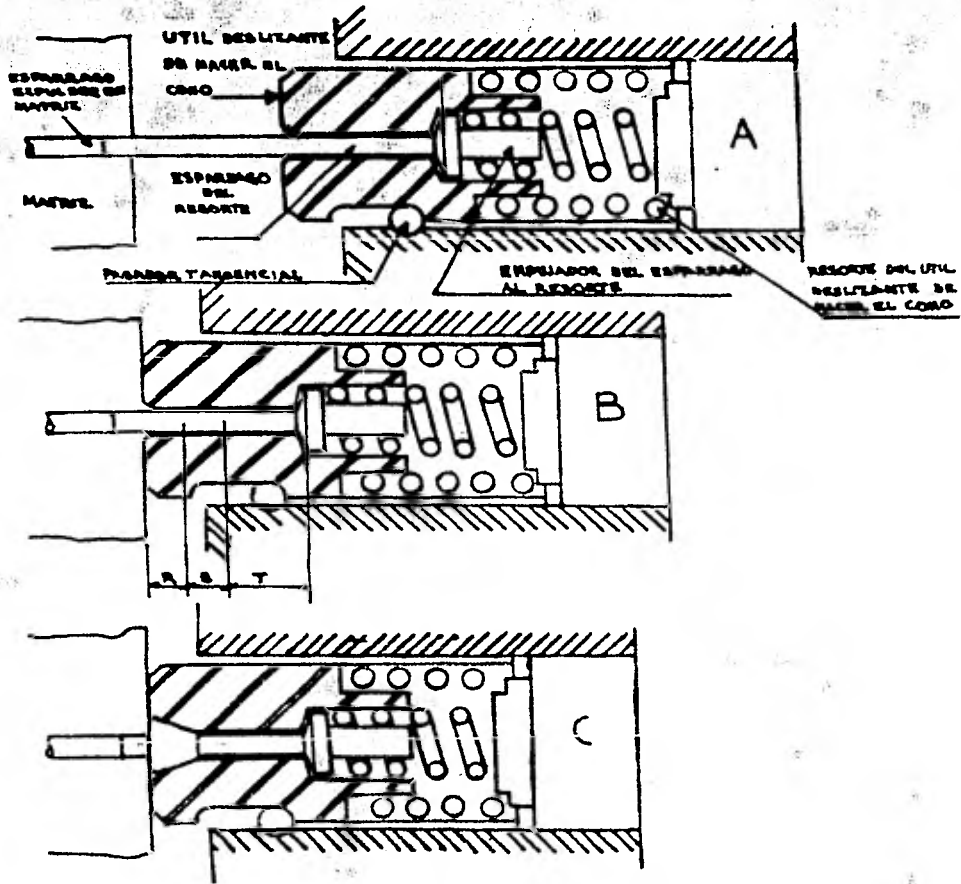


Fig. 11.14

Tres fases del trabajo de un útil deslizante de hacer el cono. En el dibujo A se muestra el trozo en bruto a punto de ser empujado dentro de la matriz. En B, el trozo está por entero en la matriz y el útil y la fluencia de metal está a punto de iniciarse. En C, el espárrago a empujado el trozo dentro de la cavidad cónica para formar el recalque.



Los útiles deslizantes de hacer el cono presentan - dos ventajas: permiten mayores recalques y proporcionan mejor control de la fluencia de metal, lo que resulta en mayor con centricidad. Estos útiles son generalmente ideales para re - calques de menos de cuatro o incluso de 2 diámetros debido - a su mejor control de la fluencia. Un ejemplo de ello está - en el primer golpe para formado de tornillos con cabeza em - butida en los que la mayor parte de la configuración de la - cabeza se consigue al formar el cono en el primer golpe, y - en los que, además, es imperativo obtener recalques concéntri - cos.

La cantidad máxima de deslizamiento (cota S en el - dibujo B de la figura 11.14) es normalmente de tres o cuatro diámetros o inferior, pero no debe ser mayor de lo requerido para hacer el recalque. La distancia entre las posiciones -- extremas del espárrago, antes y después de deslizarse, es la cantidad de deslizamiento requerido. La cantidad de desliza - miento que tiene lugar es la longitud de la entalla del pasa - dor tangencial (cota S del dibujo C en fig. 11.14) y debe -- ser igual a la cota S del dibujo B. La longitud T del espá - rrago no debe ser mayor de lo necesario, debiendo considerar como longitud de espárrago a dejar en el agujero de útil - para el adecuado guiado, el desplazamiento del útil más tres diámetros de espárrago.

Las máquinas de encabezar en frío se construyen pre - cisamente para permitir el transferir trozos en bruto del ma - yor largo posible entre el útil de hacer el cono y la matriz antes de que aquel tome contacto con la pieza. Debido a que - los útiles deslizantes de hacer el cono salen por delante -- de su posición normal, este desplazamiento debe restarse de - la longitud máxima de trozo que la máquina podría transferir

normalmente. De no ser así, el útil toparía con el extremo - del trozo en bruto al acercarse éste a la matriz. Debe tomarse una precaución similar con respecto a los espárragos a -- resorte en los útiles de hacer el cono si sobresalen por - delante de los mismos.

#### Diseño de los espárragos expulsores.

Los espárragos expulsores tienen una doble función-- en los útiles de recalcar. Primeramente sirven de tope a los trozos en bruto al entrar estos en la matrices en el punto - en el que debe empezar el recalcado.

### 11.8.- CRITERIO A SEGUIR EN LA FABRICACION DE LA CABEZA DE BOTON (TORTA)

Después de formado el cono (cebolla), el siguiente paso de recalcado es la formación de la cabeza de botón (torta) la cual debe fabricarse antes de realizar el corte del hexágono de la cabeza. En la fig. 11.4. se muestran las reglas prácticas a seguir para obtener un buen formado de esta cabeza.

## DISEÑO DE LA CABEZA DE BOTON (TORTA)

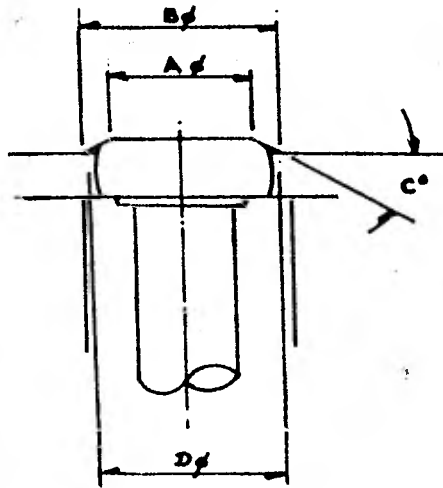


Fig. 11.14.1

$A b$  = Distancia máxima entre caras con una tolerancia de menos, 15%.

$B b$  = Alrededor de  $1/32$  Plg más grande que la distancia máxima entre esquinas.

$C^\circ$  =  $30^\circ$  para cabeza hexagonal y  $25^\circ$  para cabeza cuadrada.

$D b$  = 1.04 a 1.10 de la distancia máxima entre esquinas.

La fórmula para  $D b$  está dada en rangos normales para la cabeza de botón.

Los factores siguientes tienen influencia en esta dimensión.

- 1.- Condición del material.
- 2.- Altura de la cabeza.
- 3.- Calidad del corte requerido.
- 4.- Acabado de la cara del dado
- 5.- Método de fabricación.

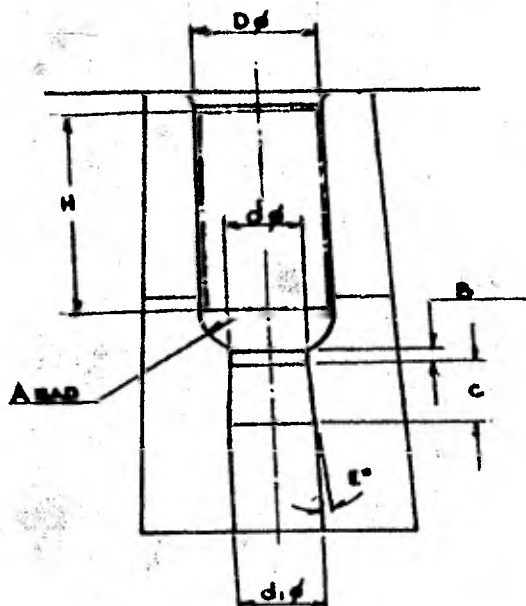
### 11.9.- CRITERIO PARA DISEÑAR LA HERRAMIENTA EMPLEADA EN LA EXTRUSION. (DADO DE EXTRUSION)

En la fabricación de tornillos, la forja en frío va combinada con la extrusión. Dependiendo de la reducción de área requerida ésta extrusión puede ser abierta o atrapada.

En las figs. (11.14.2 y 11.14.3) se muestran las características básicas de diseño de las herramientas empleadas para la extrusión abierta y la extrusión atrapada respectivamente, así como la reducción de área máxima que puede obtenerse en cada caso.

## CRITERIO PARA DISEÑAR EL DADO DE EXTRUSION ATRAPADA

Fig. 11.14.2



LAS CONCENTRICIDADES DE  $D$ ,  $d$  y  $d_1$  SON CRITICAS.

LAS SUPERFICIES CORRESPONDIENTES A:  $D$ ,  $A$ ,  $d$ ,  $d_1$  y  $E$  DEBERAN SER PULIDAS Y ESTAR LIBRES DE MARCAS DE HERRAMIENTAS.

REDUCCION DE AREA MAXIMA = 70-75 %

CALCULO DE LA REDUCCION DE AREA:

$$\% RA. = \frac{\text{AREA } D - \text{AREA } d}{\text{AREA } D} \times 100$$

$$\text{ARAD} = D - d$$

$d$  = DIAMETRO DE EXTRUSION

$H$  = LONGITUD DEL TEJO ANTES DE LA EXTRUSION

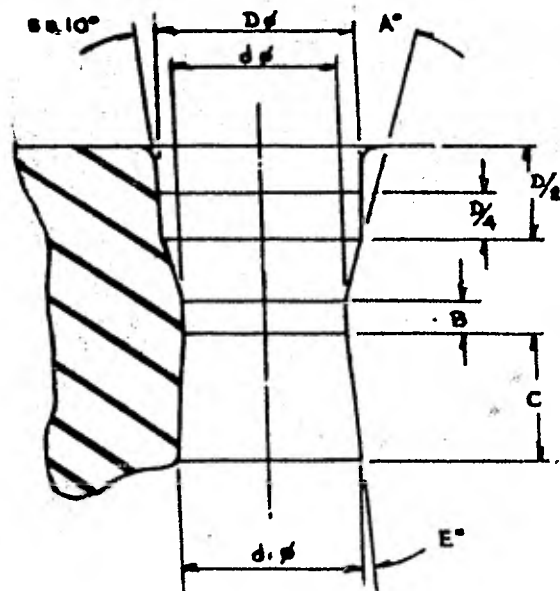
DATOS	EXTRUSIONES MAS COMUNES	EXTRUSIONES NO COMUNES
$D$	DIAMETRO DEL TEJO +0.010 +0.012	1.03x DIA TEJO. H 3/8" 1.022x DIA TEJO. H 7/8" 1.015x DIA TEJO H 2"
$d_1$	$d \pm 0.004$ APROX	1.006x $d$
$B$	1/32 A 1/16	1/64 A 1/8
$C$	3/16 A 3/8	EN FUNCION DE "E"
$E$	EN FUNCION DE "C"	1/2" MAX

LOS DATOS DE LA TABLA PUEDEN SER ALTERADOS POR LOS FACTORES SIGUIENTES:

- 1.- MATERIAL Y RECUBRIMIENTO DEL TEJO
- 2.- LUBRICACION
- 3.- ACABADO DEL DADO
- 4.- FORMA FINAL SOBRE EL EXTREMO EXTRUIDO
- 5.- FORMA FINAL DEL HOMBRO SOBRE EL TEJO
- 6.- TOLERANCIA DE LA PARTE FINAL
- 7.- METODO DE FABRICACION.

CRITERIO PARA DISEÑAR EL DADO DE EXTRUSION ABIERTA

Fig. 11.14.3



LA CONCENTRICIDAD DE "D" Y  $d_1$  SON CRITICAS.  
 LAS SUPERFICIES CORRESPONDIENTES A: D,  $d_1$ , A y E DEBERAN SER PULIDAS Y LIBRES DE MARCAS DE HERRAMIENTAS.

REDUCCION DE AREA MAXIMA = 30-35%

CALCULO DE LA REDUCCION DE AREA:

$$\%RA = \frac{\text{AREA D} - \text{AREA } d}{\text{AREA D}} \times 100$$

$$A^\circ = 15^\circ$$

d = DIAMETRO DE EXTRUSION

DATOS	EXTRUSIONES MAS COMUNES	EXTRUSIONES NO COMUNES
D	DIAMETRO DEL TEJO $+0.002$ $+0.004$	1.008XDIA. TEJO
$d_1$	$d \pm 0.004$ APROX.	1.006Xd
B	1/32 A 1/16	1/64 A 1/8
C	3/16 A 3/8	EN FUNCION DE "E"
E	EN FUNCION DE "C"	1/2° MAX

LOS DATOS DE LA TABLA PUEDEN SER ALTERADOS POR LOS SIGUIENTES FACTORES.

- 1.- MATERIAL Y RECURRIMIENTO DEL TEJO
- 2.- LUBRICACION
- 3.- ACABADO DE LA HERRAMIENTA (DADO)
- 4.- TOLERANCIAS Y FORMA DE LA PARTE FINAL
- 5.- METODO DE FABRICACION.

Debido a ello, los espárragos deben soportar parte de las presiones de formado. La segunda función consiste en expulsar la pieza encabezada y dejar libre la matriz para el siguiente trozo en bruto.

La longitud no sujeta del espárrago expulsor no debe ser mayor de 10 ó 12 diámetros, como se muestra en el dibujo A de la parte superior de la fig. 11.15. De no ser así tendería a doblarse o romperse bajo la presión de recalado y/o la carga de expulsión. Este requisito es aun más importante y lógico cuando se trata de puntear en la matriz en extremo de la espiga de la pieza como se muestra en el dibujo B. Aun cuando no varíe el diámetro y longitud de la pieza, el espárrago expulsor debe ser de menor diámetro, y, por lo tanto, más débil. En este caso la matriz soporta la mayor parte de la carga de recalado, pero el espárrago fallará probablemente muy pronto debido a la carga de expulsión.

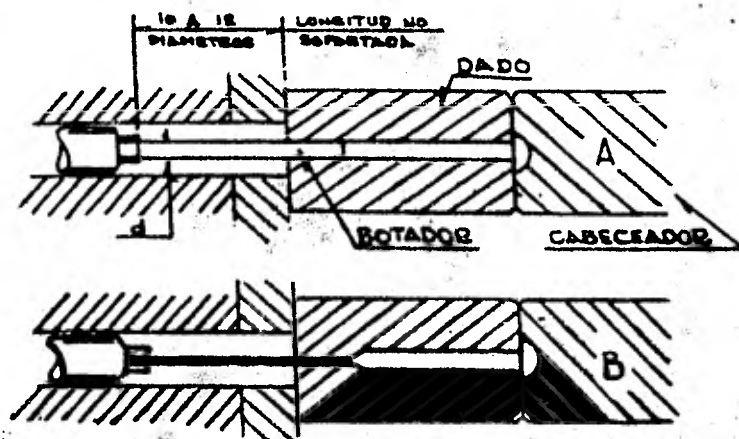


Fig. 11.15

La longitud no sujeta del espárrago expulsor no debe ser mayor de 10 a 12 diámetros, como se muestra el dibujo A (parte superior).

Este requisito es aun más importante cuando se trata de pun -



tear el extremo de la espiga de la pieza, debido al pequeño diámetro del espárrago, como se ve en B.

Cuando la longitud no sujeta del espárrago expulsor deba exceder de 10 ó 12 diámetros, se recomienda emplear un conjunto de espárrago apoyado. En la figura 11.16 se ilustra un conjunto de este tipo, con una longitud de espárrago de 17 diámetros, en un expulsor de matriz. Con esta disposición, el apoyo central A reduce la longitud no sujeta del espárrago a menos de 12 diámetros a ambos lados de este apoyo. Durante la carrera de expulsión, la cabeza del espárrago C se mueve hacia el apoyo A. Este apoyo que está unido al manguito telescópico B se desplaza hacia afuera con la cabeza del espárrago para completar la carrera de expulsión. Al ir saliendo el espárrago de la matriz para dar lugar al segundo golpe, presiona al empujador D contra un resorte del manguito B, volviendo el apoyo A a su posición central.



Fig. 11.16

Cuando la longitud no sujeta del espárrago expulsor deba exceder de 12 diámetros, se recomienda emplear un conjunto de espárrago apoyado, tal como aquí se ilustra. El soporte central A reduce la longitud no sujeta del espárrago a menos de 12 diámetros a ambos lados del apoyo.

La selección de los materiales para útiles de recalcar se gobierna generalmente por la preferencia personal y por la experiencia. Algunos consideran que las herramientas más caras y de mayor duración son las más económicas, mientras que otros creen que es más práctico un menor costo y duración más corta. La decisión se basa generalmente en la forma de la pieza recalcada, el material de que está hecha y la cantidad de piezas requeridas. En la tabla II.17 que se acompaña se presentan unos cuantos materiales típicos usados para utilajes de encabezar y los tratamientos térmicos recomendados. El metal duro se usa frecuentemente para trabajos de grandes series o materiales difíciles de formar. Algunas veces el metal duro es el único material que proporciona una duración satisfactoria. Aunque el metal duro es más resistente, al aumentar su dureza para una mayor resistencia al desgaste, disminuye su resistencia a la rotura. El mejor grado de metal duro para una aplicación determinada es aquél que es lo más duro posible sin peligro de romperse bajo el impacto de encabezado.

El metal duro empleado en cortadores y boquillas requiere buenas cualidades contra el desgaste. La resistencia al impacto no es tan importante. Para los insertos de matriz en metal duro, puede sacrificarse algo de dureza en favor de una más alta resistencia al impacto. Los insertos pequeños en metal duro van montados en cuerpos de acero ya que sería demasiado caro hacer las matrices totalmente en metal duro de una pieza. Estos cuerpos de acero posicionan y dan adecuado soporte a los insertos mucho menos costosos. Los cuerpos se hacen por lo general de material muy resistente y los insertos se meten a presión en los alojamientos con ajuste preciso.

RECOMENDACIONES TÍPICAS PARA MATRICES Y ÚTILES DE  
ENCABEZAR EN FRÍO.

TABLA II 17

NOMBRE DE LA PIEZA	ACERO TIPO	ANÁLISIS	TRAT. TÉCNICO	OBSERVACIONES
Boquilla Punzón hacer como Punzón de acabado Matriz	Acero de hta. de temple al agua AISI-W1	C-0.95% Mn-0.25% Si-0.10%	Calentar a 800°C. Temple al agua. Revenir a 238°C. Dureza Rockwell C 58 60	En los punzones y matrices para alambre de 6.35 mm. de diámetro o menor se emplea acero de herramienta de temple al agua.
Contador (tipo ables to) Empujadores	Acero de herramienta de temple al aceite AISI-L6	C-0.75% Mn-0.60% Ni-1.25% Va-0.15% Cr-0.80% Mo-0.25%	Calentar a 800°C Temple al aceite. Revenir a 177°C Dureza Rockwell C 58 60	
Punzón de hacer como Punzón de acabado Matriz	Acero de herramienta de temple al aire AISI-A2	C-1.00% Mn-0.40% Va-0.40% Mo-1.15% Cr-5.25%	Calentar a 970°C Temple al aire. Revenir a 238°C Dureza Rockwell C-59 61	A utilizar para diámetro de alambre de 6.35 mm. o inferior
Espárragos expulsora Contador (Tipo cerro do)	Acero de herramienta de temple al aceite AISI O1	C-0.90% Mn-1.30% Cr-0.30% C-0.50%	Calentar a 800°C Temple al aceite a 205°C Acabar el enfriamiento al aire hasta temperatura ambiente Revenir a 205°C Dureza Rockwell C 59 61	
Cabezas espárragos Expulsora	SAE 4140	C-0.54-0.43% Mn-0.75-1.00% Cr-0.10-1.10% Mo-0.15-0.25%	Calentar a 815°C Temple al aceite. Revenir a 455°C Dureza Rockwell C 43 45	
Insertos de extrusión	Acero rápido AISI T1	C-0.61-0.65% Cr-4.00% W-16% Va-1.00%	Precañido a 788°C pasando a calentar luego a 1760°C Temple al aire. Revenir a 565°C Enfriar al aire. Revenir de nuevo a 605°C. Dureza Rockwell C 60 61	
Espárragos de agujerar	Acero rápido AISI T 4	C-0.75% Cr-4.00% W-18.00% Va-1.00% Co-5.00%	Precañido a 788°C pasando a calentar luego a 1760°C Temple al aire. Revenir a 565°C Enfriar al aire. Revenir de nuevo a 605°C. Enfriar al aire Dureza Rockwell C 61 62	
Cuerpos de matriz pa- ra matrices con insertos	AISI H13	C-0.40% Cr-5.00% Si-1.10% Mo-1.25% Mn-0.30% Va-0.90%	Calentar a 1010°C Temple al aire Revenir a 550°C Enfriar al aire Revenir por dos veces más a 550°C. Enfriar al aire Dureza Rockwell C 47 51	Este tipo de acero tiende a decarbursarse al ser tratado. De no disponer de horno de atmosfera inerte, puede calen- tarse envolviendolo en un material inerte tal como breca de coke.

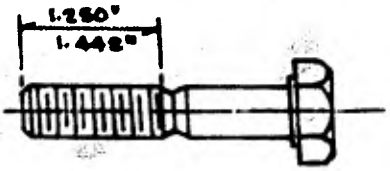
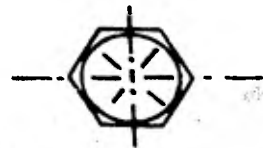
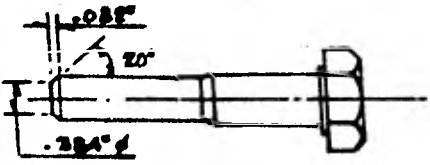
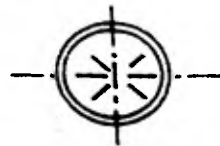
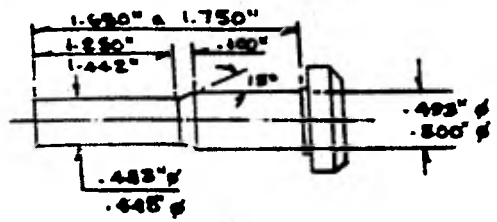
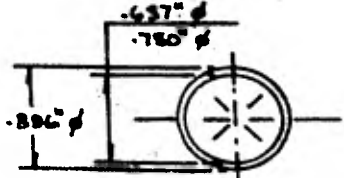
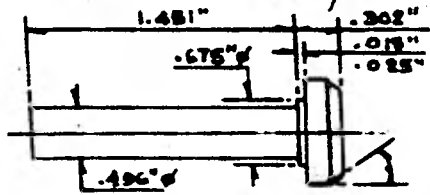
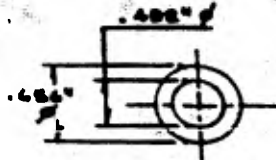
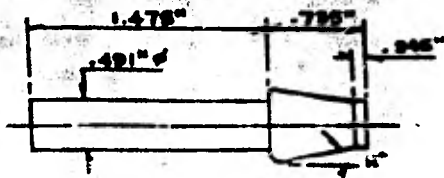
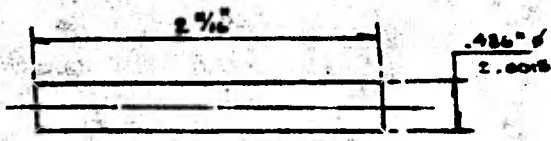
## 11.10.- DISEÑO DE LAS HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA FABRICAR TORNILLOS DE CABEZA HEXAGONAL.

En la fabricación de tornillos de cabeza hexagonal - por el proceso de la forja en frío se utilizan máquinas cabeceadoras progresivas (de estaciones múltiples) fig. 11.4.1,2,3 estas máquinas constan de un carro que se mueve sobre guías de bronce; el carro proporciona la fuerza suficiente para el recalado (forja) y/o la extrusión del material. En el carro van colocadas las herramientas para el cabeceado (cabeceadores) tales como los que forman el cono (cebolla), la cabeza del botón (torta), el cabeceador que sostiene y empuja al tejo dentro de el dado de extrusión, así como la matriz de corte que realiza el recorte de la cabeza.

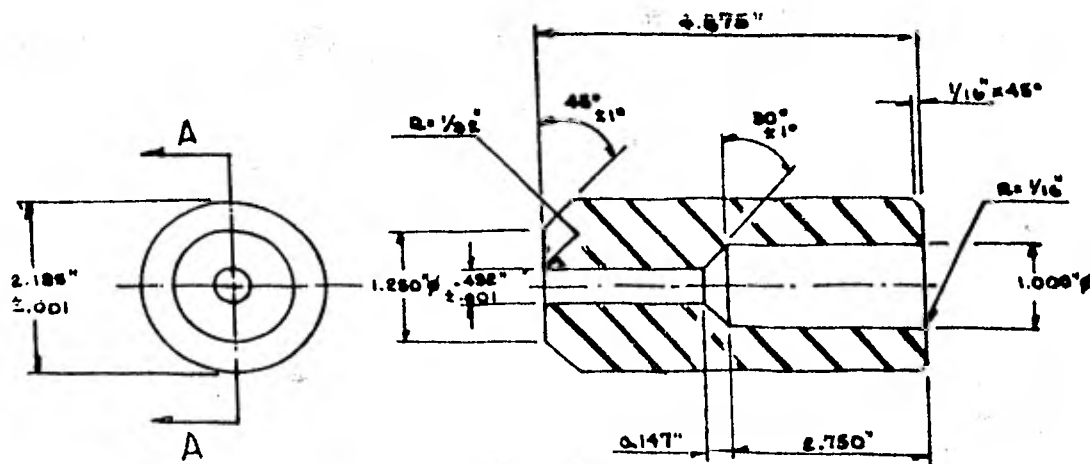
En el bloque matriz, se colocan los dados, en los cuales se realiza la extrusión, y sirven también para sostener la espiga del tejo cuando los cabeceadores realicen el recalado del material. En el bloque matriz se coloca también el punzón de corte cuya función es la de sostener al tejo cuando se hace el recorte de la cabeza. El punzón de corte, es la contraparte de la matriz de corte y siempre se colocan en la última estación de trabajo cuando la cabeza del tornillo va recortada.

En todos los dados y punzón de corte se colocan botadores que sirven para expulsar del interior de los dados al tejo que se extruyó o que fue sostenido en el interior de los mismos durante el recalado. El tejo expulsado por los botadores es sujetado por medio de unas tenazas (dedos) colocados en el carro de transferencia (transfer) el cual lleva al tejo a la siguiente estación de trabajo.

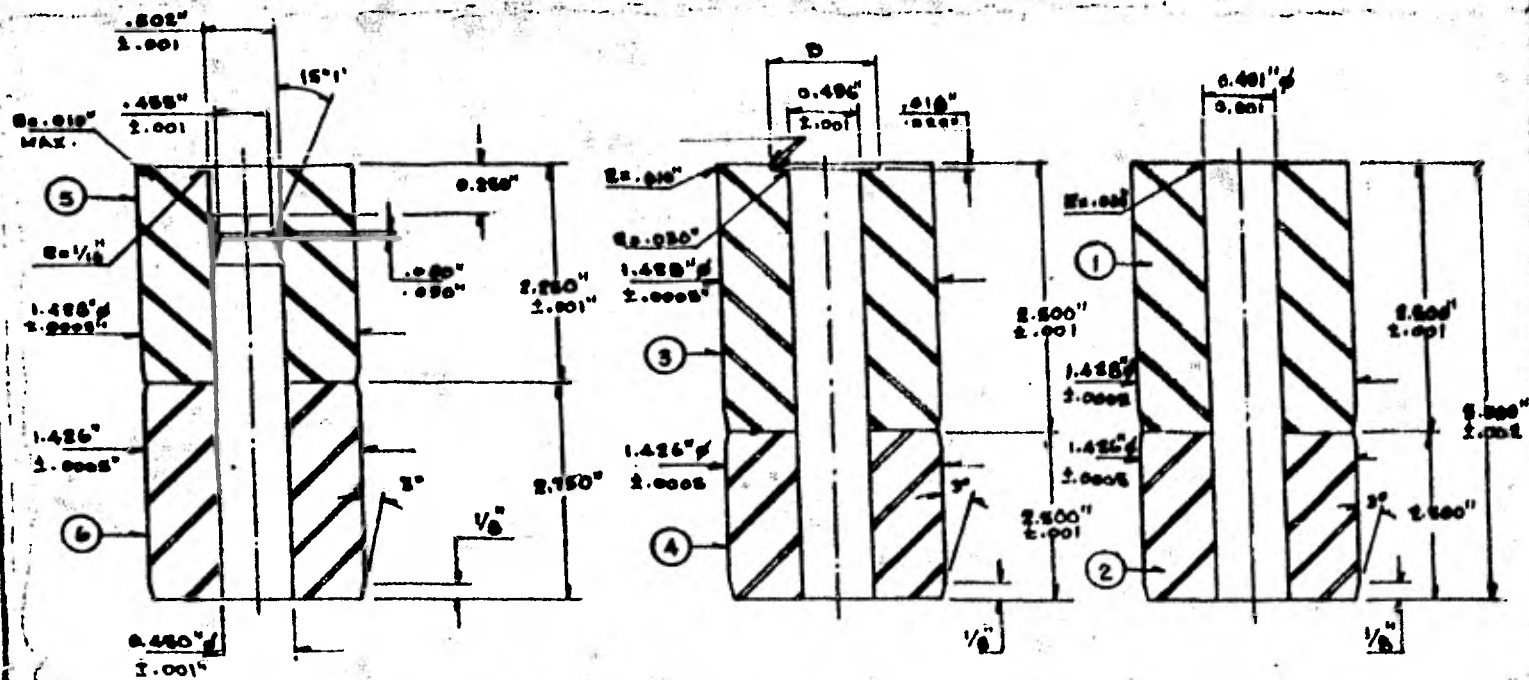
A continuación se muestra la secuencia de fabricación, así como el diseño de las herramientas para un tornillo de 1/2 PLS  $\frac{1}{2}$  con hombro y otro de cuerda corrida.



TORNILLO DE 1/2"  $\phi$  CON HOMBRO



FACULTAD DE INGENIERIA	
CABECADOR PRIMER GOLPE TOR- NILLO CUERDA CORRIDA.	
MATERIAL: W-1	TRAT. TERM. 54-56 R.C.
TOLENCIAS:	ACOT: PULSADAS
DECIMAL : ±.005"	UNAM. 2
FRACCIONAL : ± 1/64"	
ANGULAR : ± 0° 10'	

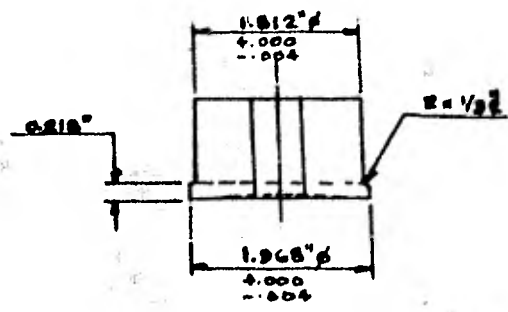
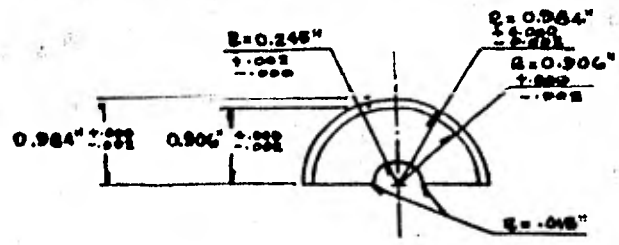
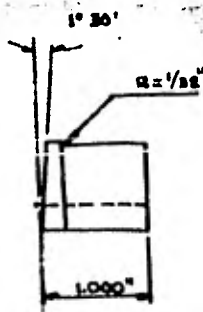


	DESCRIPCION	MATERIAL	TRAT. TERMICO
1	INSERTO FRONTAL	M-2	58-60 Rc.
2	INSERTO POSTERIOR	M-2	58-60 Rc.
3	INSERTO FRONTAL	M-2	58-60 Rc.
4	INSERTO POSTERIOR	M-2	58-60 Rc.
5	INSERTO PARA EXTRUSION	M-2	62-64 Rc.
6	INSERTO POSTERIOR	W-1	58-60 Rc.

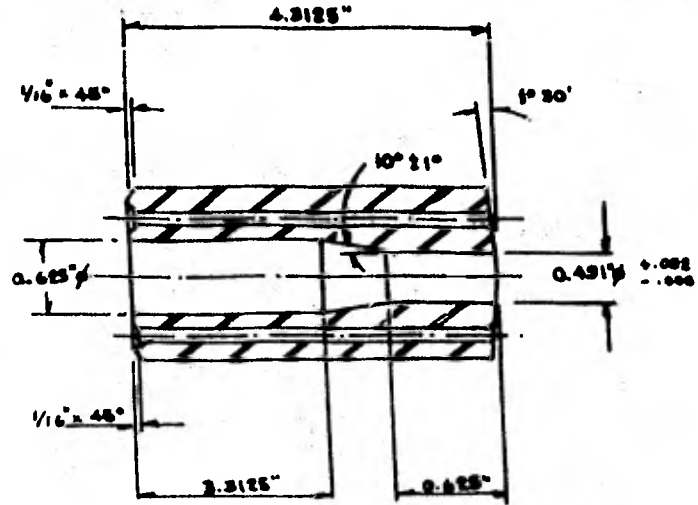
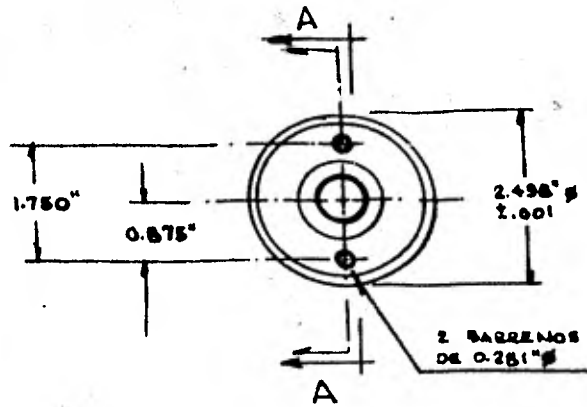
FACULTAD DE INGENIERIA	
INSERTOS PARA TORNILLO CAP DE 1/2-13UNC CON HOMBRO.	
MATERIAL: —	TRAT. TERMICO: —
TOLERANCIAS:	ACOT: PULGADAS
DECIMAL ± 0.005"	U.N.A.M.
FRACCIONAL ± 1/64"	
ANGULOS ± 0'10"	



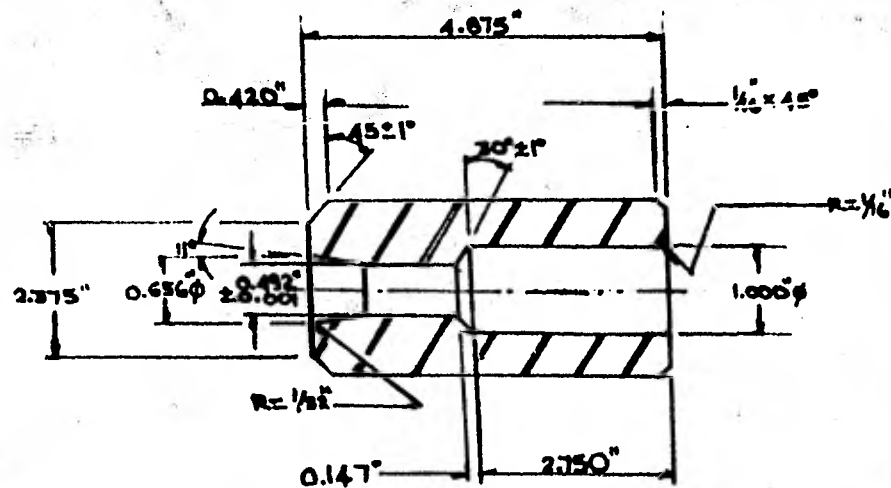
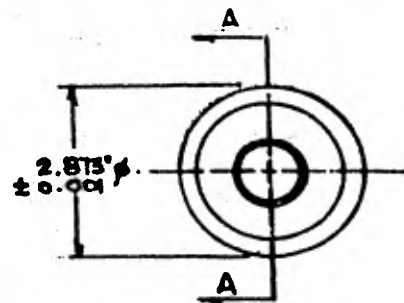




FACULTAD DE INGENIERIA	
CUCHILLA DE CORTE DE 1/2"	
MATERIAL: M-2	TRAT. TERM: S9-61 R <sub>c</sub>
TOLERANCIAS:	ACOT: PULGADAS
DECIMAL : $\pm 0.005$ "	UNAM
FRACCIONAL: $\pm 1/64$ "	
ANGULAR : $\pm 2^{\circ} 10'$	

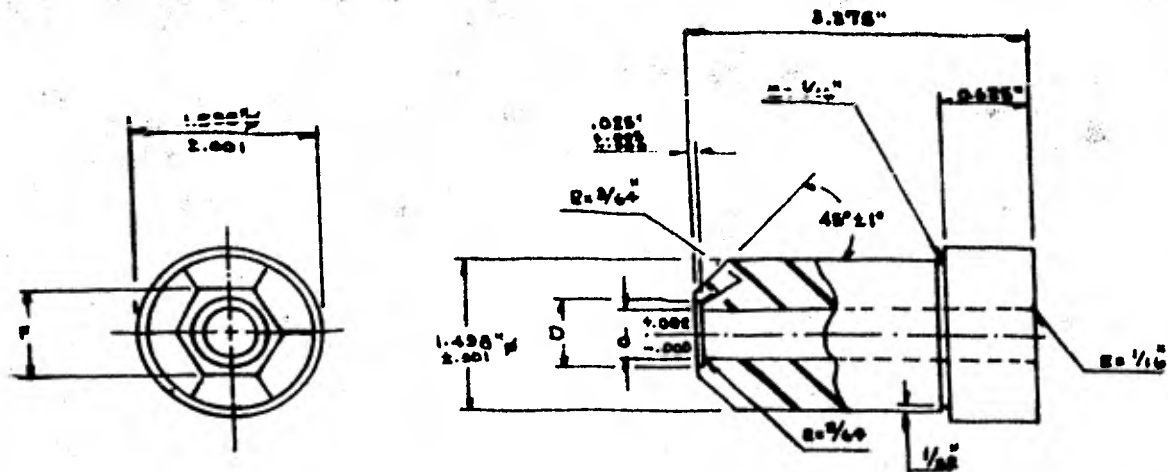


FACULTAD DE INGENIERIA	
BOQUILLA DE CORTE DE 1/2"	
MATERIAL: M-2	TRAT. TERM. 58-60 R
TOLERANCIAS:	ACOT: PULEADAS
DECIMAL : ± 0.005"	UNAM. 108
FRACCIONAL : ± 1/64"	
ANGULAR : ± 0°.10'	



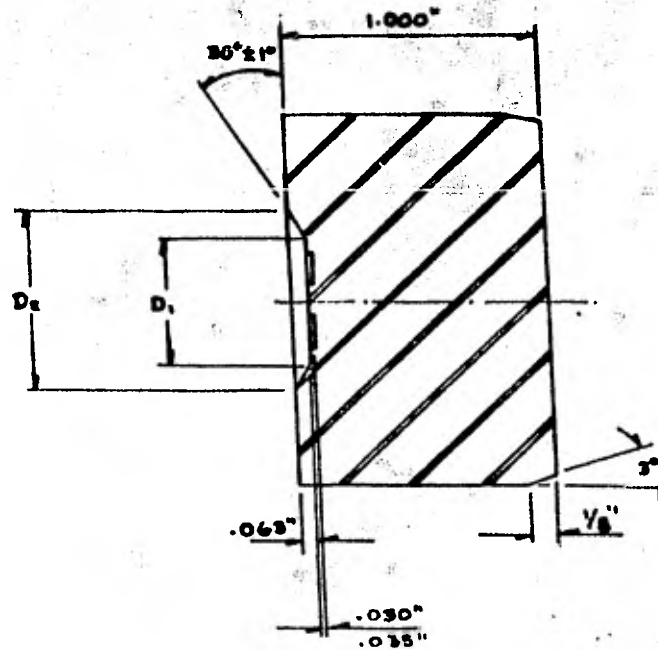
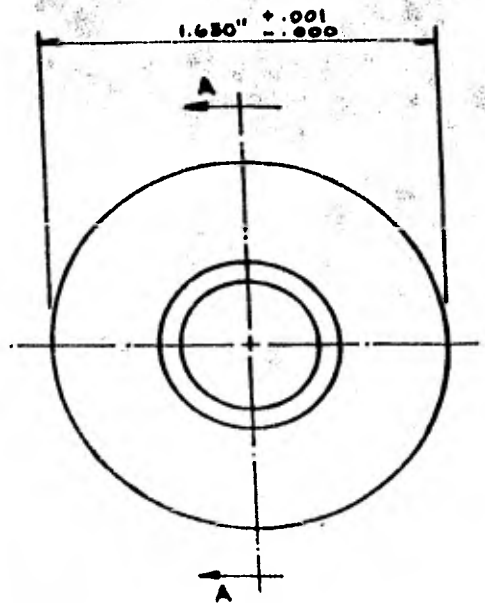
CORTE A-A

FACULTAD DE INGENIERIA	
CABECEADOR PRIMER GOLPE TOR- NILLO CON HOMBRO.	
MATERIAL: W-1	TRAT. TERM. 5436R
TOLERANCIAS; DECIMAL: $\pm 0.005$ FRACCIONAL: $\pm 1/16$ ANGULAR: $\pm 0'10$	ACOT: PULGADAS
UNAM. 3	



MEDIDA Y TIPO	d	D	F
1/2 UNF ROSCA CORRIDA	0.470"	0.695"	.830"
1/2 UNC ROSCA CORRIDA	0.452"	0.695"	.830"
1/2 UNC CON HOMBRO	0.505"	0.695"	.830"

FACULTAD DE INGENIERIA	
PUNZON DE CORTE PARA TORNILLO DE 1/2" Ø	
MATERIAL: W1	TRAT. TERM. S8-COR.
TOLERANCIAS:	ACOT.: PULGADAS
DECIMAL : ± 0.005"	U.N.A.M.
FRACCIONAL : ± 1/64"	
ANGULAR : ± 0° 30'	

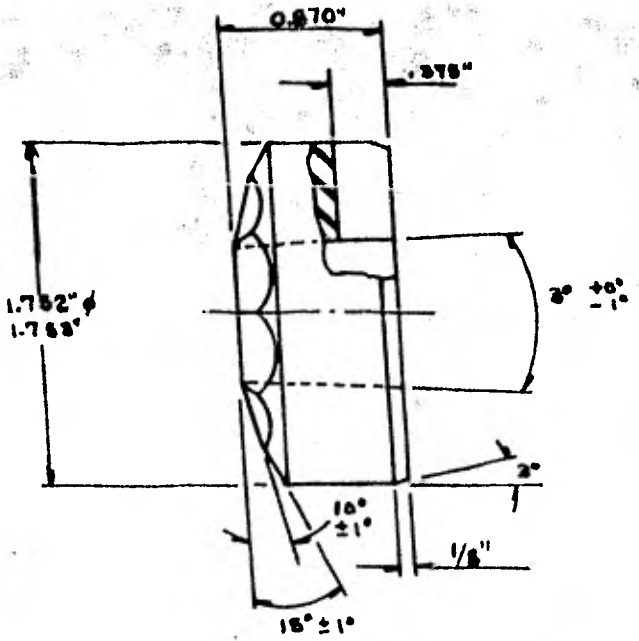
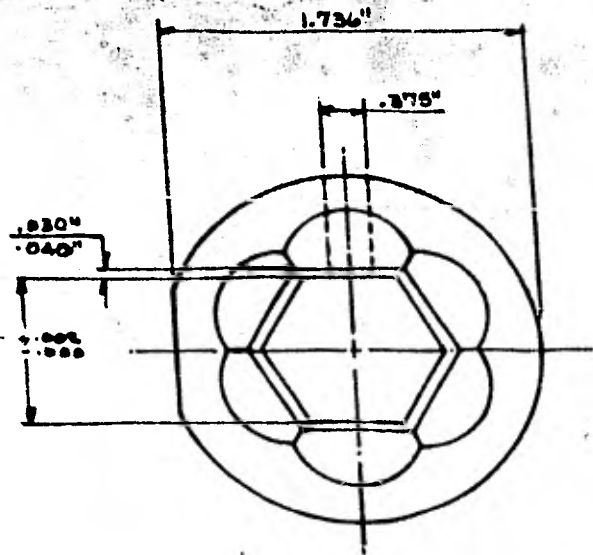


TIPO DE TORNILLO	$D_1$	$D_2$
GRADO 5	$\frac{11}{16}" \phi$	$\frac{29}{32}" \phi$
GRADO 8		

**NOTA:**  
 SE USARA EN EL 2º GOLPE ROSCA CON HOMBRO.  
 Y EN EL 3º ROSCA CORRIDA.

FACULTAD DE INGENIERIA	
INSERTO CABECEADOR, SEGUNDO Y TERCER GOLPE.	
MATERIAL: M-2	TRAT. TERM. 58-60 Rc.
TOLERANCIAS:	ACOT: PULGADAS
DECIMAL : .005"	U.N.A.M.
FRACCIONAL : $\frac{1}{64}"$	
ANGULAR : $\pm 0^\circ 10'$	





FACULTAD DE INGENIERIA	
MATRIZ DE CORTE	
MATERIAL: M-2	TRAT. TERM. 60-62 Rc
TOLERANCIAS: DECIMAL: ± .005 FRACCIONAL: ± 1/64 ANGULAR: ± 0'10"	ACOT: PULGADAS
U.N.A.M.	

### DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS MECANICAS Y METALOGRAFICAS DE LA MATERIA PRIMA.

Para realizar éste estudio como ya se hizo mención - anteriormente, se tuvo que hacer un muestreo con diferentes materiales que se usan en la fabricación de tornillos como son el acero 1038, 1041 y 8740 que fueron los que mayor problema presentaron en el forjado en frío de tornillos, estos fueron comparados con sus equivalentes de importación.

La forma en que se realizó el muestreo fué tomando - diferentes tramos de material en diversos diámetros y en - tiempos diferentes, aproximadamente en un lapso de 10 meses. Cada uno de éstos tramos de los rollos de materiales se les aplicaron las diferentes pruebas como son: dureza ("Rockwell B") aplicada en secciones longitudinales y transversales.

Prueba de Tracción.- Esta es con el fin de ver la - ductibilidad del alambre. (Fractura del material).

Prueba de Recalcado.- Con esta podemos observar las - grietas y así conocer su porcentaje de esferoidizado.

Análisis Metalográfico.- Esto se hace con el fin de - obtener: Inclusiones, Decarburación, Tamaño de grano, Porcentaje de Esferoidizado, No. de glóbulos/cm<sup>2</sup> y tamaño del glóbulo.

Inicialmente se tienen que cortar los tramos (probetas) de cada uno de los materiales. En una forma general el proceso para el análisis metalográfico de los materiales es el que a continuación se indica:

Después de tener las probetas cortadas en forma trans - versal y longitudinal, se hace el pulido de los materiales - con diferentes lijas (de diferentes tamaños de grano) hasta-



obtener un pulido que pueda ser pasado a un paño y nos de un acabado a espejo, posteriormente la muestra es montada en una base de bakelite para facilitar su observación, luego se le aplica Nital 3 y por medio de un microscopio podemos observar las inclusiones y la decarburación.

Después de haber realizado éstas pruebas, la probeta (sin montar en bakelita) se vuelve a pulir a espejo y se pasa a un tratamiento térmico en una caja de cementación herméticamente cerrada y sellada durante un lapso de 8 a 9 horas a una temperatura de 800 a 900°C y el enfriamiento será al mismo tiempo que el horno sin sacar la caja de cementación. Esta caja de cementación lleva una mezcla de un 10% de Carbonato de Bario (Ca Ba) un 15% de Carbonato de Sodio (Na Ca) - y un 75% de Carbón Vegetal (en trozo pequeño casi molido) - con la mezcla se debe formar una capa de aproximadamente 2 - pulgadas de espesor con respecto a cada una de las caras de la caja de cementación, si son varias probetas se debe dejar una distancia de periferia entre ellas de 1 1/2" aproximadamente. Dentro de ésta caja se debe depositar un papel (pequeño) para eliminar el oxígeno guardado en la caja de cementación. (Estas pruebas se realizaron en los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería U. N. A. M.).

Posteriormente se extraen las probetas de la caja de cementación sin tocar la cara pulida.

A ésta cara de la probeta se fotografió con un microscopio de la U. N. A. M. que tiene un rango de 800 a 1000 aumentos y de el cual al obtener las fotografías impresas se pudo observar el tamaño de grano, porcentaje de esferoidizado, no. de glóbulos/cm<sup>2</sup> y tamaño del glóbulo. Estas pruebas aquí mencionadas se realizaron aproximadamente en 100 probe-

tas, de las cuales al final de éste se hace un comentario so  
bre la vida de las herramientas, una conclusión y por último  
una sugerencia.

A continuación se detalla en una forma más completa-  
lo anteriormente expuesto.

### III.1. ANALISIS QUIMICO

Materia Prima Nacional: El análisis químico de los rollos de alambre es realizado en el laboratorio central de esta fábrica, antes de enviarlos a las máquinas forjadoras para el proceso de fabricación.

Materia Prima de Importación: Los rollos de alambre vienen certificados por el gobierno del país que suministra este material.

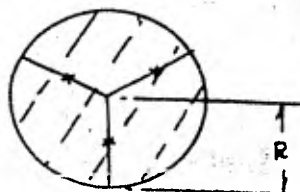
NOTA: Las muestras fueron obtenidas de los rollos de alambre que se trabajaban en las máquinas, por lo cual, el análisis químico realizado previamente en el laboratorio se consideraba correcto. La cantidad de rollos muestreados fueron 9 de cada lote que se trabajaba en las máquinas, aunque en algunos casos esta cantidad llegó a ser de 5 rollos únicamente; debido a que la cantidad total de rollos trabajados en las máquinas eran a veces de 8 a 10.

### III.2. PRUEBAS MECANICAS

#### Dureza:

La dureza que se mide, tal como especifican las normas para el alambre calidad forja es la dureza 'Rocwel B'.

Esta prueba se realiza utilizando un penetrador de bola de acero de 1/16 pgs. de diámetro y aplicando una carga de 100 Kg. La longitud de la muestra obtenida era de 2 a 3 veces el diámetro del alambre; la dureza era medida realizando 3 penetraciones, las cuales, formaban ángulos de 120° con ejes coordenados imaginarios y tomados a la mitad del radio, tal como se muestra en la figura.



Sección transversal que muestra los puntos donde se mide la dureza.

Los resultados obtenidos para las diferentes muestras, se dan a continuación. (Ver pag. 119).

#### PRUEBA DE TRACCION

Las muestras tienen la longitud adecuada para ser sujetadas a la máquina por medio de mordazas especiales que existen para estos casos. Se hacen marcas a cada pulgada sobre el trozo de alambre para que en una longitud calibrada de 2 pulgadas se puedan medir el diámetro y la longitud final, después de la fractura.

Además, por inspección visual se puede observar la forma de la fractura del material y de este modo, obtener información acerca de la ductilidad del alambre.

La reducción del área, la elongación y la resistencia a la tracción se calculan de la siguiente forma:

## DUREZA (Rc)

ACERO SAE 1038 $\phi < 1/2"$		ACERO SAE 1041 $\phi < 1/2"$		ACERO SAE 1041 $\phi > 1/2"$		ACERO SAE 8740 $\phi < 1/2"$		ACERO SAE 8740 $\phi > 1/2"$	
NACIONAL	IMPOR- TACION	NACIONAL	IMPOR- TACION	NACIONAL	IMPOR- TACION	NACIONAL	IMPOR- TACION	NACIONAL	IMPOR- TACION
90,90,88	84,84,84	88,88,87	88,88,89	86,86,86	91,91,92	94,94,96	92,91,92	93,94,95	86,88,88
88,88,89	84,84,86	87,84,87	87,87,88	95,96,95	89,90,90	94,94,94	92,90,91	90,90,90	89,88,89
88,84,87	88,88,88	82,85,81	88,88,88	91,90,92	91,93,90	96,94,95	88,87,88	92,92,93	89,89,89
90,90,89	84,84,85	88,88,87	87,84,87	88,89,90	90,90,91	96,97,97	91,91,90	93,92,94	90,90,90
88,87,89		87,90,88	89,89,89	88,87,86	90,91,91	98,98,98	89,89,88	94,96,95	90,90,90
87,86,88		84,88,87		84,84,87	90,92,90	97,98,97	91,91,91	92,93,92	90,89,88
87,84,89		88,89,89		89,91,91	88,90,90	92,92,92	88,88,90	92,93,93	90,90,90
88,88,88		81,85,85		94,92,92		95,95,95	90,90,90	92,89,90	
87,87,88		87,85,87		89,89,90			89,89,89	90,94,94	
86,84,84		88,84,86							

$$R.A. = \left[ 1 - \frac{d_1^2}{d_0^2} \right] \times 100$$

$$E = \left[ \frac{L_1}{L_0} - 1 \right] \times 100$$

$$R.T. = \frac{C.R.}{A_0}$$

R.A. = Reducción de área

E = Elongación

R.T. = Resistencia a la tracción

$d_0$  = Diámetro inicial en pulgadas

$d_1$  = Diámetro final en pulgadas

$l_0$  = Longitud inicial en pulgadas

$l_1$  = Longitud final en pulgadas

C.R. = Carga en el punto del inicio de la extricción en lb.

A. = Área inicial en pulgadas<sup>2</sup>

Los resultados obtenidos para aceros SAE 8740 nacionales y de importación son mostrados a continuación (Ver pág. 121)

NOTA: Debido a que los diámetros del alambre eran a veces relativamente pequeños y a que el desgaste de las mordazas - provocado por el uso, no permitían sujetar bien el alambre, sólo fue posible obtener datos de las muestras que se mencionan en dicha hoja.

PRUEBA DE TRACCION			
MUESTRA N°	ACERO 8740 NACIONAL	ACERO 8740 IMPORTACION	ACERO 1041 IMPORTACION
	DIAMETRO < 1/2"	DIAMETRO < 1/2"	DIAMETRO < 1/2"
1	R.A. = 67.8% E = 38.2% R.T. = 86,226 PSI	R.A. = 46.64% E = 11.25% R.T. = 102,105 PSI	R.A. = 73.31% E = 20.60% R.T. = 81,226 PSI
2	R.A. = 66.6% E = 20.6% R.T. = 84,052 PSI		R.A. = 76.09% E = 25.78% R.T. = 85,502 PSI
3	R.A. = 72.45% E = 23.15% R.T. = 96,190 PSI		R.A. = 73.90% E = 24.4% R.T. = 83,364 PSI
4	R.A. = 72.74% E = 18.00% R.T. = 106,877 PSI		R.A. = 66.66% E = 13.55% R.T. = 85,501 PSI
5	R.A. = 71.86% E = 20.65% R.T. = 112,280 PSI	R.A. = 52.48% E = 25.85% R.T. = 92,618 PSI	
6	R.A. = 30.40% E = 16.90% R.T. = 102,602 PSI		
7	R.A. = 72.16% E = 17.20% R.T. = 102,602 PSI		
8	R.A. = 66.02% E = 12.0% R.T. = 102,210 PSI		

R.A. - REDUCCION DE AREA

E. - ELONGACION

R.T. - RESISTENCIA A LA TRACCION

**PRUEBA DE RECALCADO**

Esta prueba se realiza con 2 fines:

- a) Para detectar grietas en el rollo de alambre
- b) Para probar si el material se fractura cuando el porcentaje de esferoidizado es muy bajo.

El espécimen a probar según las normas específicas, entre proveedor y comprador deberá tener una longitud de  $1 \frac{1}{2}$  (D = diámetro) y la prueba consista en recalcar la muestra hasta que la altura sea de  $\frac{1}{2}$  D.

Después de realizar el recalcado se proceda a la observación de la muestra para detectar las grietas que pudieron haberse formado.

La máquina empleada fue una prensa universal de 600 ton. Los resultados obtenidos son mostrados a continuación. (Ver pág. 123).

**III.3. ANALISIS METALOGRAFICO**

<u>Tipos de corte realizado:</u>	<u>Prueba Realizada:</u>
Muestra en corte longitudinal .....	Inclusiones
	Decarburación
	Tamaño de grano
Muestra en corte Transversal	Porcentaje de esferoidizado
	No. Glóbulos /cm <sup>2</sup>
	Tamaño del glóbulo



# PRUEBA DE RECALCADO (DETECCION DE GRIETAS)

ACERO SAE 1038 $\phi < 1/2''$		ACERO SAE 1041 $\phi < 1/2''$		ACERO SAE 1041 $\phi > 1/2''$		ACERO SAE 8740 $\phi < 1/2''$		ACERO SAE 8740 $\phi > 1/2''$	
NACIONAL	IMPOR TACION	NACIONAL	IMPOR TACION	NACIONAL	IMPOR TACION	NACIONAL	IMPOR TACION	NACIONAL	IMPOR TACION
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO
NO		NO		NO	NO	NO	NO	NO	NO
NO		NO		NO	NO	NO	NO	NO	NO
NO		NO		NO		NO	NO	NO	NO
NO		NO		NO			NO	SI	
NO		NO							

### INCLUSIONES

Las muestras para observar las inclusiones, son obtenidas de un corte longitudinal que se realiza en el trozo de alambre. Esta muestra es posteriormente pulida de acuerdo a las prácticas metalográficas y observada en el microscopio - metalográfico a 100 x (100 aumentos), de acuerdo a las normas ASTM E 45

Las inclusiones de la muestra, eran comparadas con las de la carta de Inclusiones publicadas por ASTM que para estos fines son las apropiadas.

La identificación de las inclusiones es por medio de una letra seguida de un número que indica la cantidad de inclusión presente en la muestra, esta identificación se menciona a continuación:

A	_____	Sulfuros
B	_____	Alumina
C	_____	Silicatos
D	_____	Oxidos
F	_____	Fino
G	_____	Grueso

Los resultados obtenidos son mostrados a continuación:  
(Ver pág. 125).

### DECARBURACION

La muestra para observar y medir la decarburación es en corte transversal y después de haberla pulido, es atacada con nital 3 para su observación en el microscopio. La decarburación se mide con una escala especial que para estos fines existe en uno de los oculares del microscopio; la medida se realiza a 100X de acuerdo a las normas ASTM 546-A546 y A547.

# INCLUSIONES

ACERO SAE 1038 $\phi < 1/2''$		ACERO SAE 1041 $\phi < 1/2''$		ACERO SAE 1041 $\phi > 1/2''$		ACERO SAE 8740 $\phi < 1/2''$		ACERO SAE 8740 $\phi > 1/2''$	
NACIONAL	IMPOR TACION	NACIONAL	IMPOR TACION	NACIONAL	IMPOR TACION	NACIONAL	IMPOR TACION	NACIONAL	IMPOR TACION
2.5F	0.5F	1.5F	0.5F 0.5G	2F 2.5G	1.5F	1F 0.5G	1.5F		1.5F
0.5F	0.5F	0.5F	0.5F	0.5F	1F	1F	1F		0.5F
1.5F	0.5F	1.0F	0.5F	2.5F	2.0F	1.5F	1.0F	1.5F	1.5F 1G
0.5F	0.5F	1.0F	0.5F	1.5F	0.5F	1.0F	1.0F	1.5F	1.0F
2.5F	0.5F	1.0F	0.5F	2F 1.5G	1.5F	1.5F 2G	1.0F	1.5F	1.5F
1.0F	0.5F	1.0F	0.5F	1F	0.5F	1.0F	1.0F	0.5F	0.5F
1.5F	0.5F	1.5F	1.0F	1.5F	1.0F 0.5G	1.5F	1.0F	1.0F	1.0F
2.5F	0.5F	1.5F	1.0F	1.5F	1.0F	1.5F	1.0F	1.0F	1.0F
1.5F	0.5F	1.5F	0.5F	0.5F	1.0F	1.5F	1.0F	1.5F	1.0F
1.0F	0.5F	1.0F	0.5F	1.0F	1.0F	1.0F	1.0F	0.5F	0.5F
2.5F	0.5F	2.0F	0.5F	1.5F 0.5G	1.0F 0.5G	1.5F	1.5F	2.0F	1.0F
1.0F	0.5F	0.5F	0.5F	1.0F	0.5F	1.5F	1.5F	1.0F	1.0F
1F 0.5G		2.5F		2.0F	0.5F	1.5F	0.5F	1.0F	1.5F
0.5F		0.5F		1.0F	0.5F	1.5F	0.5F	1.0F	0.5F
1.5F		1.5F		1.5F		1.0F 0.5G	0.5F	1.0F	
1.5F		0.5F		1.5F		1.0F	1.5F	1.5F	
1.0F 0.5G		1.5F		1.5F			1.5F	1.5F	
1.0F		1.0F		1.0F			1.0F	1.5F	
0.5F								1.0F	
1.0F								1.0F	
0.5F								1.0F	

## DECARBURACION

ACERO SAE 1038 $\phi < 1/2''$				ACERO SAE 1041 $\phi < 1/2''$				ACERO SAE 1041 $\phi > 1/2''$				ACERO SAE 8740 $\phi < 1/2''$				ACERO SAE 8740 $\phi > 1/2''$							
NACIONAL		IMPORTACION		NACIONAL		IMPORTACION		NACIONAL		IMPORTACION		NACIONAL		IMPORTACION		NACIONAL		IMPORTACION					
PL	PP	PL	PP	PL	PP	PL	PP	PL	PP	PL	PP	PL	PP	PL	PP	PL	PP	PL	PP				
0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0	0	0
0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0	0	0	0	0.000	0	0.000	0	0	0		
0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0.000	0	0	0	0	0	0.000	0	0.000	0	0.000		
0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0		
0	0.000			0	0.000			0	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000		
0	0.000			0	0.000			0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0.000		
0	0.000			0.000	0.000			0	0.000			0	0.000	0	0.000	0	0	0	0				
0.000	0.000							0.000	0.000			0	0	0	0	0.000	0.000						
0	0.000			0	0.000									0	0.000			0	0.000				

Los resultados obtenidos son mostrados a continuación:  
(Ver pág. 126).

#### PORCENTAJE DE ESFEROIDIZADO

El porcentaje de esferoidizado se mide en una muestra en corte transversal que previamente a sido pulida y atacada con nital 3. La observación se realiza directamente en el microscopio a (100X) a través de toda la sección transversal - de la muestra.

Esta prueba junto con la prueba de recalado son dos de las pruebas más importantes que se deben realizar al alambre calidad forja y son concluyentes acerca de la capacidad de la forjabilidad del alambre (SAE 1038, 1041, 8740).

Los resultados son mostrados a continuación. (Ver pág. 128)

#### TAMAÑO DE GRANO

Aunque esta prueba no es importante para determinar la capacidad de forjabilidad del alambre, sino más bien, para saber el comportamiento de los tornillos (grado 5 y 8), - durante el tratamiento térmico de temple y revenido ya que - el tamaño de grano tiene influencia en la formación de - fuerzas térmicos que pudieran producir grietas en las piezas templadas, se obtuvo como información adicional al estudio - realizado.

Los resultados son mostrados a continuación (Ver pág. 129).

#### No. GLOBULOS / cm<sup>2</sup>

Para medir el No. de Glóbulos/cm<sup>2</sup> se obtuvieron fotografías de cada una de las muestras en corte transversal.

## PORCENTAJE DE ESFEROIDIZADO

ACERO SAE 1038 $\phi < 1/2''$		ACERO SAE 1041 $\phi < 1/2''$		ACERO SAE 1041 $\phi > 1/2''$		ACERO SAE 8740 $\phi < 1/2''$		ACERO SAE 8740 $\phi > 1/2''$	
NACIONAL	IMPOR- TACION	NACIONAL	IMPOR- TACION	NACIONAL	IMPOR- TACION	NACIONAL	IMPOR- TACION	NACIONAL	IMPOR- TACION
100	100	70	100	80	85	85	95	60	100
95	100	95	100	10	95	60	100	5	95
70	100	95	95	40	90	50	100	15	95
95	95	60	95	90	95	50	95	10	95
40	100	40	70	20	75	0	95	20	90
95		100		95	95	0	95	80	95
0		95		40	80	10	95	50	100
5		95		10		10	95	20	
95		75		35			100	5	
95		95							

## TAMAÑO DE GRANO

ACERO SAE 1038 $\phi < 1/2''$		ACERO SAE 1041 $\phi < 1/2''$		ACERO SAE 1041 $\phi > 1/2''$		ACERO SAE 8740 $\phi < 1/2''$		ACERO SAE 8740 $\phi > 1/2''$	
NACIONAL	IMPOR-TACION	NACIONAL	IMPOR-TACION	NACIONAL	IMPOR-TACION	NACIONAL	IMPOR-TACION	NACIONAL	IMPOR-TACION
7	8	7	7	7		8	8	6	8
8	8	8	7	8		7	7	7	8
8	8	8	8	8		8	8	6	8
8		7		7		7	7	7	8
		7		7		8	8	7	8
		6		6		8	8		8

## No. DE GLOBULOS / $cm^2$

ACERO SAE 1038 $\phi < 1/2''$		ACERO SAE 1041 $\phi < 1/2''$		ACERO SAE 1041 $\phi > 1/2''$		ACERO SAE 8740 $\phi < 1/2''$		ACERO SAE 8740 $\phi > 1/2''$	
NACIONAL	IMPOR-TACION	NACIONAL	IMPOR-TACION	NACIONAL	IMPOR-TACION	NACIONAL	IMPOR-TACION	NACIONAL	IMPOR-TACION
38	34	34	32	30		30	42	20	34

Las fotografías fueron tomadas a 800 aumentos (800X) en un microscopio metalográfico especial con resolución de 2.5 adaptado con cámara fotográfica. Las fotografías eran cuadrículadas, se tomaban 10 cuadros de  $1 \text{ cm}^2$  de área y se realizó el conteo de los glóbulos en cada cuadro para después obtener un promedio aritmético.

Los resultados son mostrados a continuación.

Algunas fotografías tomadas a las muestras son incluidas en este trabajo, en las cuales se muestra la falta de coalescencia en el recocido de esferoidizado.



**Comportamiento de las Herramientas Usadas Durante el -  
Proceso de Fabricación de los "TORNILLOS".**

Como se había mencionado en la introducción a la tesis, uno de los puntos sobre los que se centraba este trabajo, era la relación entre la materia prima y la vida de las herramientas usadas para la fabricación de tornillos.

Debe aclararse al respecto de esto; que no fue posible llevar un control preciso, debido a problemas de tipo -- económico, básicamente, ya que muchas de las herramientas -- empleadas para trabajarlas con aceros 1038, 1041 y 8740 habían sido usadas anteriormente.

A continuación se da la información referente al tipo de tornillo a fabricar, el tipo de acero, herramientas -- empleadas y se hace mención a cuáles eran usadas y cuáles -- eran nuevas y la cantidad de piezas a fabricar así como la -- cantidad de herramientas fracturadas durante la fabricación. (1)

**III.4. COMENTARIOS A LAS PRUEBAS REALIZADAS**

**Pruebas Mecánicas**

**Prueba de Dureza**

Alambre de Importación: De acuerdo a las normas  
Alambre Nacional : Salvo pocas muestras, la  
mayoría está dentro de -  
las normas.

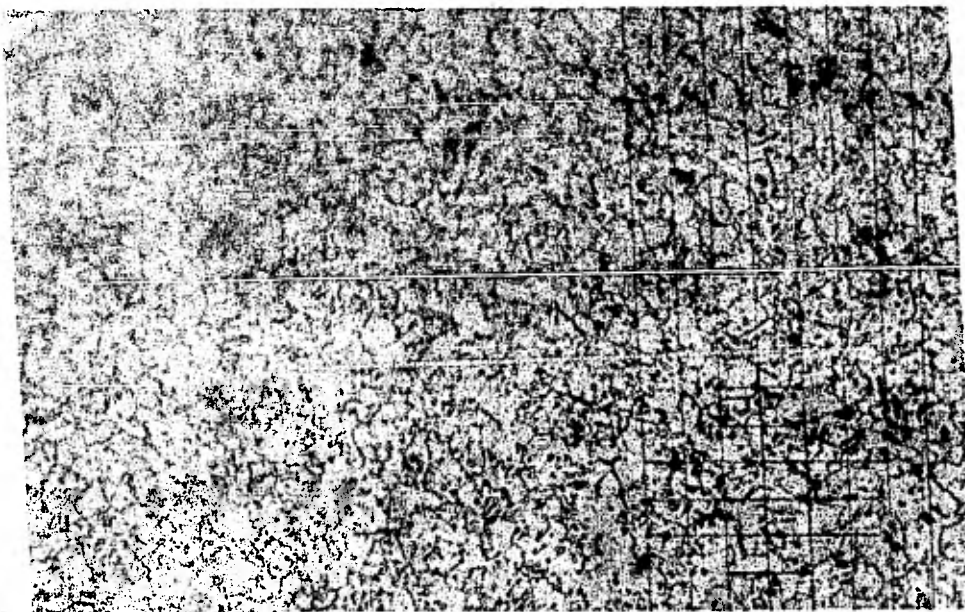
**Prueba de Tracción.**

Alambre de Importación: Dentro de las normas  
Alambre nacional : Dentro de las normas; -  
fractura tipo copa.

1038 NACIONAL

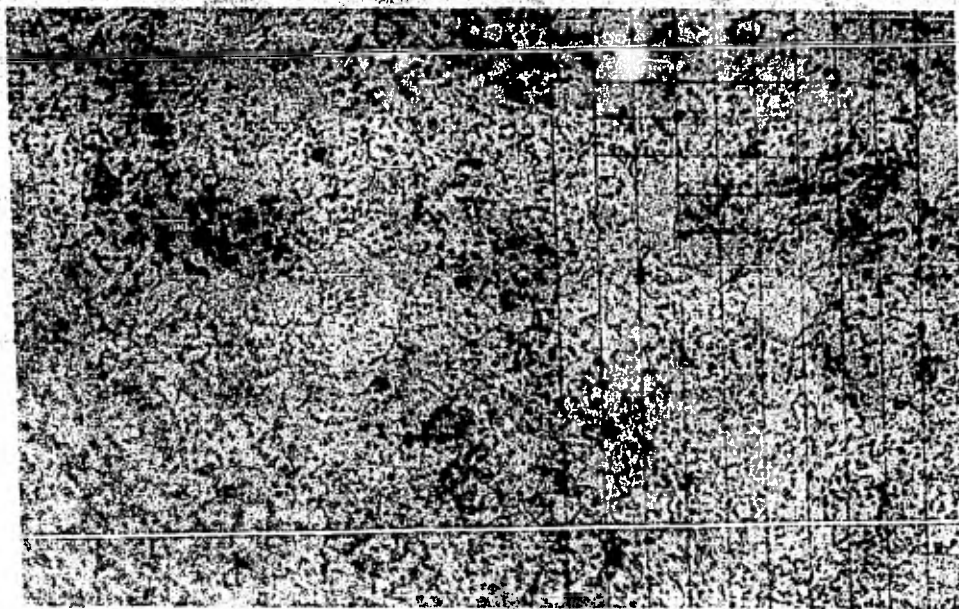


10 B 38 IMPORTACION

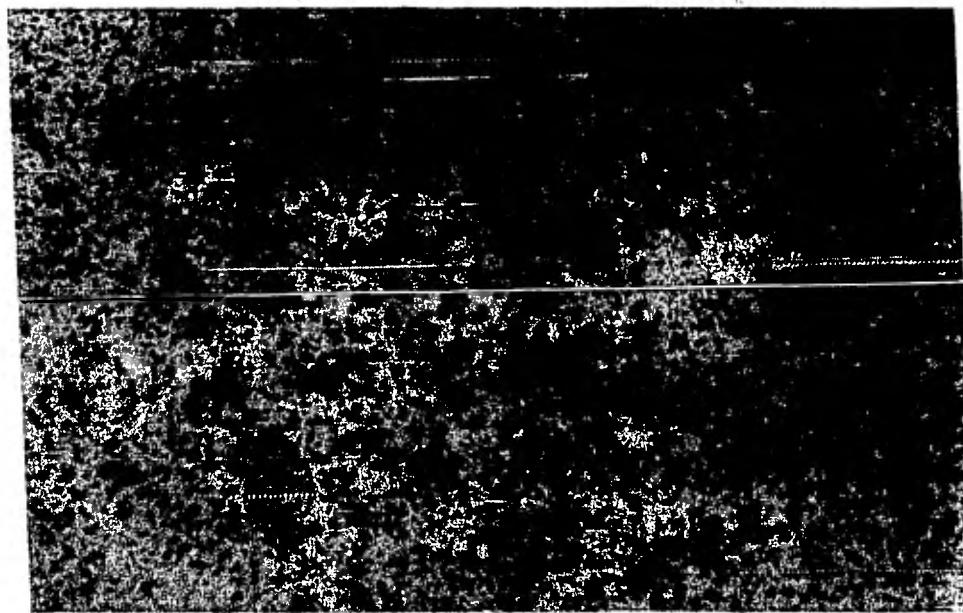


El acero 1038 nacional el porcentaje de esferoidizado es muy variable, en la fotografía muestra aproximadamente el 70% existen zonas libres de glóbulos que son las zonas claras, no es uniforme la distribución.

El acero 10 B 38 de importación tiene un buen recocido de esferoidizado cercano al 100%, la distribución de los glóbulos es uniforme.



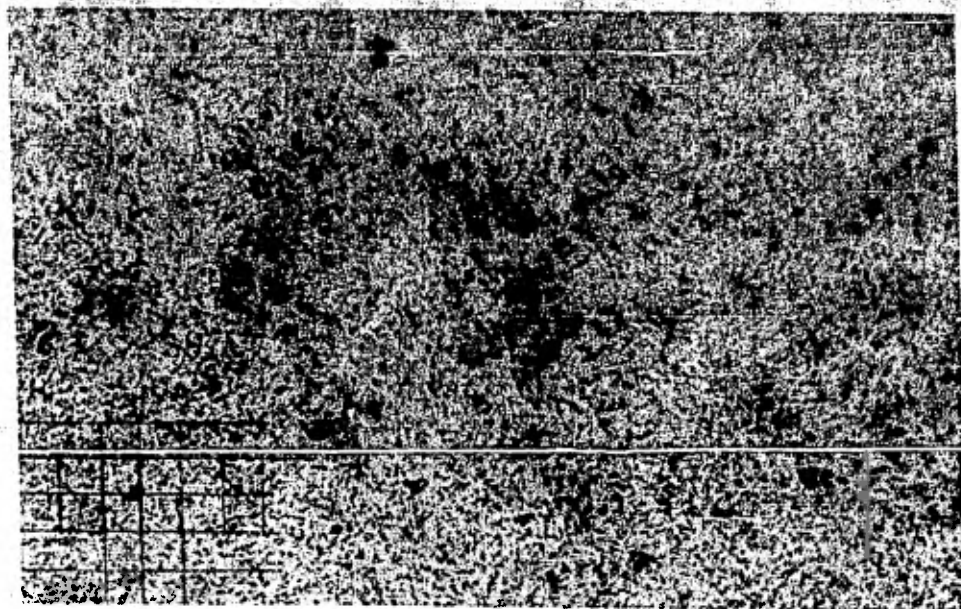
1041 IMPORTACION



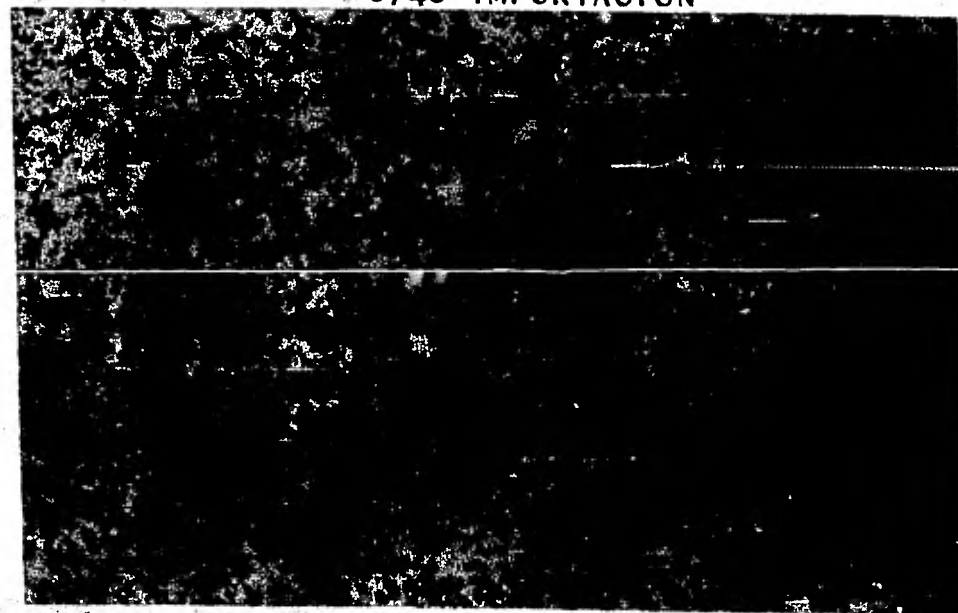
El acero 1041 nacional el porcentaje de esferoidizado es muy variable (75%), los glóbulos no llegan a formarse sino que se quedan en el inicio de la formación apareciendo como puntos negros, tiene también zonas claras.

El acero 1041 de importación el porcentaje de esferoidizado es uniforme (95%) la distribución de los glóbulos es uniforme.

Fotografías a 800 aumentos de aceros Nacional y de Importación  
8740 NACIONAL



8740 IMPORTACION



El acero 8740 nacional el porcentaje de esferoidizado es muy variable siendo casi en todos los casos menor al 50%, la distribución de los glóbulos no es uniforme y de tamaño variable, encontrándose zonas libres de glóbulos. (Cuando el glóbulo no se forma queda como un punto negro.)

El acero 8740 de importación tiene buen recocido de esferoidizado siendo cercano al 100%. La distribución de los glóbulos en la sección transversal es uniforme.

### Prueba de recalado

**Alambre de Importación:** En ninguna de las muestras se observaron grietas.

**Alambre Nacional** : Algunas de las muestras de acero SAE-8740, presentaron grietas con inclinación a  $45^\circ$  con la vertical.

Una grieta vertical indica que el rollo de alambre trae grietas o costuras debido al mismo proceso de fabricación del alambre. Una grieta a  $45^\circ$  es indicio de una fractura por corte, debido a la fuerza de compresión aplicada y que tiene relación directa con la ductilidad del material y ésta a su vez con el porcentaje de esferoidizado.

La prueba de recalado, es una de las pruebas más importantes que se realiza a la materia prima (alambre) ya que nos da información acerca de:

- a) La existencia de grietas en el material, debido a costuras o grietas provocadas en el mismo proceso de fabricación del alambre o provocadas por la fuerza de compresión aplicada.
- b) Información referente a la ductilidad el mismo, durante el recalado.

Es importante hacer notar que esta prueba, está directamente relacionada con la prueba de porcentaje de esferoidizado, cuyo comentario se hará oportunamente en la parte correspondiente a pruebas metalográficas y que servirá para mostrar la relación entre ambas.

## ANALISIS METALOGRAFICO

### Inclusiones

Alambre de Importación : de acuerdo a las normas  
 Alambre Nacional : de acuerdo a las normas

### Decarburación

Alambre de Importación : De acuerdo a las normas  
 Alambre Nacional : De acuerdo a las normas

### Tamaño de grano

Alambre de Importación : Dentro de las normas  
 Alambre Nacional : Dentro de las normas

### No. GLOBULOS /cm<sup>2</sup>

#### Alambre Nacional

La cantidad de glóbulos es muy parecida a la cantidad existente en el alambre de importación, salvo en el acero tipo SAE 8740, donde se nota una diferencia relativamente amplia. Esto podrá observarse en las fotografías ya que este material fue el que presentó los porcentajes de esferoidizados más bajos existiendo zonas donde no había glóbulos apareciendo como zonas claras en las fotografías.

#### PORCENTAJE DE ESFEROIDIZADO

Como se había mencionado en el comentario de pruebas mecánicas, el porcentaje de esferoidizado tiene influencia directa en la ductilidad del material y es un complemento a la prueba de recalado.

### ALAMBRE DE IMPORTACION

En general, este material tiene buen recocido de esferoidizado, siendo en casi todas las muestras cercano al 100%. La distribución de los glóbulos en la sección transversal, era uniforme, tal como lo muestran las fotografías de algunos tipos de acero.

#### Alambre nacional:

En el material nacional, el porcentaje de esferoidizado es muy variable siendo en la mayoría de los casos, menores al 50%, esto sucede sobre todo en aceros SAE 8740. La distribución de los glóbulos en la sección transversal no es uniforme y de tamaño variable, encontrándose zonas libres de glóbulos.

Como se puede observar en las fotografías tomadas a los especímenes de estos tipos de acero, los glóbulos no llegan a formarse, sino que se quedan en el inicio de la formación apareciendo como puntos negros en la fotografía. También puede observarse en algunos casos perlita laminar en etapa de desintegración.

En el artículo publicado con el título de "Experiments on the Nature of Deformability of Cold Heading Steels", del investigador alemán S. Billigman (Stahl and Eisen Vol. 71, No. 16, P. 826-839), se proporciona información acerca del comportamiento de diferentes tipos de aceros durante el recalcado.

En la siguiente gráfica tomada del artículo antes mencionado, se compara para varios tipos de acero, el porcentaje de esferoidizado contra la deformación máxima posible,

antes de la fractura por corte cuando se lleva a cabo el proceso de recalado.

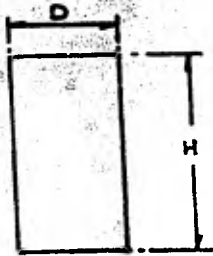


Cuando el porcentaje de esferoidizado, no incrementa al 100% para aceros similares al C1038, la deformación máxima se incrementa de 1.1 a 2.

Aceros de bajo carbono, tales como el C1022, pueden llegar a tener deformaciones similares con un poco menos del 30% de esferoidizado; los aceros tales como el A1340, requieren de un alto grado de esferoidación para solamente una deformación moderada.

Volviendo con el acero C1038, podemos observar que - para 0% de esferoidizado la proporción de recalado  $(\frac{H}{h})$  es de 3 aproximadamente, antes de la fractura. De la prueba de recalado, vemos que la longitud de la muestra a recalcar es de  $1 \frac{1}{2} D$  (D-Diámetro) y debe ser recalado a una longitud de  $\frac{1}{2} D$ ; por lo cual de la proporción de recalado obtenemos:





Antes del recalcado

$$n = \frac{1}{2} D$$

$h$  = Altura de la muestra en el momento de la fractura.

Para 45% de esferoidizado, la proporción de recalcado es de 5, siendo el valor de \* $h$ \* de  $3/10 D$



Después del recalcado

$$h = \frac{3}{10} D$$

Para 95% de esferoidizado

$$h = \frac{3}{14} D$$

Resumiendo:

$h = 1/2 D$	para 0% de esferoidizado
$h = 3/10 D$	para 45% de esferoidizado
$h = 3/14 D$	para 95% de esferoidizado

Estos datos nos demuestran, que a medida que aumenta el porcentaje de esferoidizado del material, es también posible obtener recalcados más severos debido a la mayor ductilidad del material y de este obtener forjados en frío más complicados.

Puede observarse también, que, a pesar del bajo porcentaje de esferoidizado, la muestra puede no fracturarse, debido a esfuerzos de corte, provocados por las fuerzas de compresión; pero sí influye en un mayor endurecimiento del material, a medida que pesa por las diferentes estaciones de trabajo y con ello tiene influencia directa en la vida de las herramientas, debido a las mayores fuerzas que son necesarias aplicar para producir la deformación deseada.

### III.5. COMENTARIO A LA VIDA DE LAS HERRAMIENTAS.

En el reporte referente a las herramientas, puede observarse que, la herramienta que más se deteriora, es la matriz de corte y en menor número las demás (dados, cabeceadores, punzón de corte, botadores, etc.)

Como se recordará del proceso de fabricación de los tornillos de cabeza hexagonal, el último paso es el corte -- del hexágono con la matriz de corte; al deterioro de la matriz de corte, se manifestaba en el desafilado de la misma o en el despostillamiento de la cara de corte.

El desafilado o despostillamiento es más frecuente, si el material llega con demasiada dureza a la última estación de trabajo (corte del hexágono) después que ha pasado por las estaciones de trabajo anteriores (ver secuencia de fabricación de un tornillo de cabeza hexagonal y herramientas empleadas en el mismo).

Este endurecimiento del material por trabajo en frío, dependerá primeramente de la dureza inicial del material y posteriormente del porcentaje de esferoidizado que tenga el alambre; ya que entre menor sea el porcentaje de esferoidizado, mayores fuerzas de compresión se requieren para lograr las formas deseadas y esto provoca un mayor endurecimiento por trabajo en frío, lo cual, a su vez; influirá directamente en la pobreza de la vida de las herramientas.

Rotura de cabeceadores sólo fueron observados en la fabricación de tornillos grado 8, utilizando alambre nacional SAE 8740; en el trabajo de los demás tipos de acero no fue observada falla en los cabeceadores y dados.

Como puede verse en las pruebas de porcentaje de esferoidizado, el acero SAE 8740 nacional, es el que presenta los porcentajes de esferoidizado más bajos.

ESTUDIO DE LA VIDA DE LAS HERRAMIENTAS.

	ACERO SAE 1038		ACERO SAE 1041				ACERO SAE 8740						
	Ø < 1/2 PULG.		Ø < 1/2 PULG.		Ø > 1/2 PULG.		Ø < 1/2 PULG.		Ø > 1/2 PULG.				
	NACIONAL	IMPORT.	NACIONAL	IMPORT.	NACIONAL	IMPORT.	NACIONAL	IMPORT.	NACIONAL	IMPORT.			
GRADO DE TORNILLO FABRICADO	5	5	5	5	5	5	8	8	8	8			
CANTIDAD DE PZAS. FABRICADAS	70,000	40,000	100,000	10,000	45,000	40,000	30,000	150,000	100,000	45,000			
MATRICES DE CORTE	17	5	36	2	40	21	14	12	43	15			
HERRAMIENTAS FRACTURADAS	CABECEADOR	10.	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		20.	-	-	3	-	-	-	-	3	-		
		30.	-	-	-	-	-	-	-	13	-		
	DADO	10.	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		20.	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		30.	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	HERRAMIENTAS UTILIZADAS	CABECEADOR	1er. GOLPE	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	NUEVO	USADO	
			2o. GOLPE	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	NUEVO	USADO
			3er. GOLPE	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	NUEVO	USADO
DADO		1er. GOLPE	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	NUEVO	NUEVO	USADO	
		2o. GOLPE	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	NUEVO	USADO
		3er. GOLPE	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	NUEVO	USADO
MATRIZ DE CORTE		USADA	USADA	USADA	NUEVA	USADA	USADA	NUEVA	NUEVA	NUEVA	NUEVA	NUEVA	
PUNZON DE CORTE		USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	USADO	NUEVO	USADO	

### III.6. CONCLUSIONES

De acuerdo a las pruebas realizadas puede concluirse que:

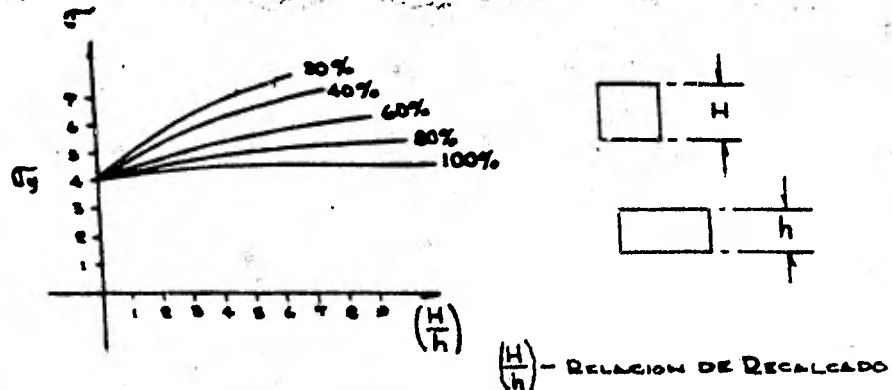
- 1.- El rollo de alambre que se usa para la fabricación de tornillos de forjado en frío como ya se había dicho anteriormente es, en rollos que alimentan la máquina forjadora -- los cuales al no tener el acero con las condiciones requeridas hace que falle; y el paro de cada máquina nos ocasiona un tiempo muy alto para volver a empezar la fabricación, y si el material sigue fallando sólo traerá pérdidas. Es de aquí donde partimos para hacer el estudio del material o materia prima para la fabricación de tornillos.
- 2.- El alambre nacional cumple con la mayoría de todas las normas, a excepción de la prueba de "porcentaje de esferoidizado". Y al no tener éste esferoidizado nos crea fallas por las cuales el material (acero) se rompe o forma grietas, y éstas repercuten en el proceso de fabricación de las diferentes formas forjadas en los materiales en frío. En algunos casos ocasiona el amarre del material con la matriz, despostillamiento de la matriz ó bien fractura de la misma, lo que nos produce el paro de la máquina forjadora.
- 3.- El alambre nacional presenta falta de coalescencia en el recocido de esferoidizado. Esto es que no hay uniformidad en los materiales y quedan zonas claras, las que nos manifiestan un acero con partes que no tienen el recocido de esferoidizado; viene a dar como consecuencia falta de ductilidad en éstas zonas, las que son fácil de romper o lograr su fractura sin haber, alcanzado la deformación deseada. En las fotografías se manifiestan como per

tes claras o bien como puntos muy negros los cuales no alcanzarán a formar el tamaño del grano.

- 4.- Para obtener un forjado en frío satisfactorio tanto como para asegurarse la vida apropiada de las herramientas, - es necesario que el porcentaje de esferoidizado sea -- mayor al 80%. A continuación se enuncian algunas suge - rencias para la aceptación de la materia prima, ya que - la calidad del material de fabricación nacional seguirá - siendo la misma.

### III.7. SUGERENCIAS

1.- Obtener las curvas de "relación de recalcado" es fuerzas de fluencia para un mismo tipo de acero, por ejemplo: acero SAE 1041, pero para diferentes porcentajes de esferoidizado, la forma de dicha curva debe ser parecida a la gráfica que se muestra a continuación.



$\sigma_y$  - ESFUERZO DE FLUENCIA

A continuación, se detalla la forma de llevar a cabo dicho experimento:

- Se cortan trozos con longitud de  $1.5D$  ( $D$ -diámetro)
- Se aplica una fuerza de compresión y se anota dicho valor; se quita esta fuerza de compresión y se mide la nueva altura del trozo, después de la compresión.
- Se repite el paso "b" hasta la fractura del material.

Los datos de la curva, nos dará información de:

- El endurecimiento del material, por deformación en frío y con ello darnos idea de la fuerza necesaria para obtener un recalcado determinado.

b).- Teniendo idea de esta fuerza, saber cómo influye en la vida de las herramientas.

2.- Actualmente, existen nuevos tipos de aceros al Boro, calidad Forja, los cuales según los experimentos realizados con ellos, combinan buena forjabilidad en frío, con buena resistencia y tenacidad, después del tratamiento térmico de temple y revenido.

Debe pedirse algunos rollos de alambre al fabricante y experimentar con ellos en la fabricación de tornillo para probar las cualidades antes mencionadas. La discusión referente a este Tema, aparece en la publicación ASM (American Society for Metals).



## B I B L I O G R A F I A

**Introducción a la Metalurgia Física**

Dr. Yven Houbaert Irmén

Fac. Ingeniería U.N.A.M.

**Apuntes de Manufactura I**

ing. Raúl Espinoza Islas

Fac. Ingeniería U.N.A.M.

**ASTM. Normas Metalográficas**

ASTM. 546-A546 y A547

**Experiments on the Nature of Deformability of  
Cold Heading Steels.**

S. Billigman

(Stahl and Eisen Vol. 71, No. 16 P. 826-839)

**Introducción a la Metalurgia Física**

Sidney H. Avner

Mc. Graw-Hill

**Metalografía y tratamiento térmico de los metales**

YU. M. Lajtin

Ed. Mir.

**Metalurgia Física para Ingenieros**

Albert G. Guy

Fondo Educativo Interamericano, S.A.

**Materiales para Ingeniería**

Van Vlack

C.E.C.S.A.

**Steels for Cold Forming**

J.V. Russell

American Society for Metals.