



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL AZCAPOTZALCO

“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MODELOS PARA FUNDICIÓN DE
JUNTAS RÁPIDAS ESPECIALMENTE DE TES”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO

PRESENTA:

ROJAS CAMPOS ALAN MICHEL

ASESORES:

**ING. JOSÉ LUÍS ANGUIANO GAMIÑO
ING. JORGE FIDEL RAMÍREZ ROBLES**



MÉXICO D.F.

2008

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL AZCAPOTZALCO

TESIS CURRICULAR

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE: INGENIERO MECÁNICO
DEBERÁ DESARROLLAR EL C.: ROJAS CAMPOS ALAN MICHEL

“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MODELOS PARA FUNDICIÓN DE JUNTAS RÁPIDAS ESPECIALMENTE DE TES.”

Las juntas rápidas principalmente de TES son muy utilizadas tanto en la industria como en la vida cotidiana y por tal motivo es un producto el cual necesita ser elaborado con la mayor eficacia y simplicidad y por ello hemos pensado en realizarla a través de la fundición y para ello realizaremos el modelo necesario.

EL PROYECTO COMPRENDERÁ LOS SIGUIENTES PUNTOS:

- 1. OBTENCIÓN DEL HIERRO GRIS.**
- 2. PROPIEDADES DEL HIERRO GRIS.**
- 3. TRATAMIENTOS TÉRMICOS Y PRUEBAS METALGRÁFICAS.**
- 4. MODELADO Y MOLDEADO.**
- 5. ROSCAS.**

México, D.F. a 07 de Noviembre del 2008.

ASESOR

ING. JOSÉ LUÍS ANGUIANO GAMINO



ASESOR

ING. JORGE FIDEL RAMÍREZ ROBLES

**TITULACIÓN
PROFESIONAL
E S I M E
AZCAPOTZALCO
Vc. De.
EL DIRECTOR**

ING. JORGE GÓMEZ VILLARREAL

NOTA: Se sugiere utilizar el Sistema Internacional de Unidades.
AT-301/2007
P.S. 04 - 08
JGV/MACM/aije*

A MI FAMILIA

Sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer una vida de lucha, sacrificio y esfuerzo constante, solo deseo que comprendan que el logro mió es suyo, que mi esfuerzo es inspirado en ustedes y que son mi único ideal.

Con respeto y admiración.

MICHEL

INDICE

OBJETIVO.....	1
ALCANCE.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	3
GENERALIDADES.....	4
CAPÍTULO 1	
OBTENCION DEL HIERRO GRIS.....	5
Alto horno.....	5
Partes Principales de un Alto Horno.....	7
Principio de Funcionamiento.....	8
Proceso de Hornos.....	10
Materia Prima para obtener el hierro gris.....	12
Preparación y Enriquecimiento del Mineral.....	13
CAPÍTULO 2	
PROPIEDADES DEL HIERRO GRIS.....	15
Propiedades Físicas.....	15
Propiedades Químicas.....	24
Propiedades Mecánicas.....	28
Propiedades Tecnológicas.....	29
CAPÍTULO 3	
TRATAMIENTOS TÉRMICOS.....	31
Y PRUEBAS METALOGRAFICAS	
Recocido.....	31
Tratamientos y Recubrimientos superficiales.....	33
Temple.....	34
Revenido.....	39
Resistencia a la tensión.....	43
Dureza.....	44
Resiliencia.....	54

CAPÍTULO 4	
MODELADO Y MOLDEADO.....	57
Diseño del Modelo.....	57
Arena o Resina Epoxi.....	58
Tipos de moldes.....	59
Fundiciones.....	62
Dibujos Técnicos.....	68
CAPÍTULO 5	
ROSCAS.....	75
Diseño de las roscas.....	75
Representación de las roscas.....	77
Paso.....	78
Tipos de roscas.....	79
Fabricación de una rosca.....	81
BIBLIOGRAFIA.....	97

OBJETIVO

Se llevara a cabo la fabricación de juntas rápidas, el cual es el nombre con el que son clasificados las T's que realizaremos por medio de fundición estas serán realizadas para la conexión de los extremos de los tubos que conducen algún fluido.

Estas juntas rápidas en un principio serán realizadas por medio de fundición de hierro gris pero puede que este material sea cambiado dependiendo lo que convenga de acuerdo con las normas adecuadas.

Para ello será necesario investigar los tipos de Tes que existen en el mercado, axial como también las características que se ven involucradas dentro de su construcción, entre las cuales se encuentran el diámetro, el ángulo, las dimensiones, etc.

Al igual que en los codos, para el caso de las T's hay de diferentes tipos y también se deben tomar en consideración las características de construcción todas ellas especificadas dentro de las normas que utilizaremos.

ALCANCE

Nosotros pensamos que nuestro producto tiene grandes alcances debido a que en toda la industria como en el hogar son utilizadas las tuberías y es necesario utilizar conectores de varios tipos para poder tener una instalación adecuada y en buen estado.

Algunas de las aplicaciones que pueden tener estas juntas son:

- Conducción de gases
- Conducción de hidrocarburos
- Calderas
- Industria de la construcción

En la conducción de gases e hidrocarburos dado que se manejan presiones muy elevadas en las que es necesario un material tan resistente como el hierro dúctil y la rosca nos sería muy útil por que si por alguna clase de error llegara a presentarse una fuga la pieza podría reemplazarse sin ningún problema

En las calderas es necesario también un material muy resistente debido a que en estas se manejan temperaturas muy altas y también transportan líquidos y vapores así que estas juntas tendrían mucha utilidad para este caso.

En la industria de la construcción las juntas se pueden utilizar para realizar las instalaciones ya sean sanitarias como eléctricas dado que toda vivienda o edificación debe de contar con estos servicios.

JUSTIFICACION

Nuestro proyecto que es el diseño y fabricación de modelos para fundición de juntas rápidas como “T” y codos. Este proyecto tiene algunas limitaciones dado que actualmente en el mercado existen varios tipos de estas juntas cada una con una gran calidad y que cumplen con la función para la que fueron diseñadas y fabricadas.

En este caso nosotros planeamos realizar estas juntas con el método de fundición para lo cual necesitamos el modelo y el material que vamos a utilizar que será hierro dúctil.

Una de las más grandes desventajas es el material (hierro dúctil) por que quizá en el mercado puedan funcionar más las mismas juntas pero realizadas con otro tipo de material como puede ser el cobre.

Alguna de las razones por a cual nuestro proyecto no estaría limitado sena por que nuestras juntas serian roscadas en las uniones y no se colocarían a presión o soldadas como la mayoría de las que actualmente están siendo utilizadas.

Otra de las imitaciones podría ser el peso dado que el material que pensamos utilizar puede resultar mas pesado y tal vez puede ocupar un mayor espacio que las juntas que actualmente ya existen pero a la vez podrían resultar mas practicas por la rosca y mas duraderas por el material.

La principal ventaja por la cual nosotros deseamos realizar este proyecto es por que el método que será empleado, que es la fundición, es uno de los métodos mas económicos y que nos proporcionan una mayor producción en serie dado que en una colada pueden obtenerse mas de una sola pieza, dado que en el método por el cual se realizan las actuales juntas de cobre, que es prácticamente por forja, se obtiene una sola pieza por cada ciclo completo del proceso

Otra de las imitaciones podría ser la rosca dado que al fundir el material y obtener la pieza esta podría presentar un acabado burdo tanto en la parte exterior como en la rosca y seria necesario realizar después un proceso de mecanizado para poder obtener la pieza con el mejor acabado que sea posible.

GENERALIDADES

Las juntas rápidas están especialmente diseñadas para conectar tubos de extremos lisos mediante unión mecánica por compresión.

Constituidas por un cuerpo base y una tuerca de apriete convenientemente ensamblados a través de elementos de adaptación internos (Junta elastomérica, arandela y anillo metálicos), la estanquidad se consigue con la compresión de la junta elastomérica por la arandela y el anillo metálico, el cual, a su vez, realiza la función de sujeción del extremo del tubo y evita la extracción del mismo.

El cuerpo base y la tuerca de apriete son de hierro fundido maleable de corazón blanco.

La galvanización se realiza en caliente, es decir, por inmersión de la pieza en un baño caliente de zinc puro.

La junta de estanqueidad y la arandela y anillo metálicos están fabricados a partir de acero normalizado.

Tanto las juntas rápidas como el componente de estanqueidad han sido ensayados y aprobados para su uso en instalaciones de gas y agua tanto sanitaria como alimentaria.

En tuberías de plástico, la presión máxima admisible es la nominal del tubo empleado.

Algunas de las aplicaciones de las juntas rápidas son:

- Conducción de gases
- Conducción de hidrocarburos
- Calderas
- Industria de la construcción

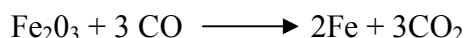
Para garantizar la calidad de las conexiones se llevan a cabo las siguientes pruebas:

1. En la materia prima
 - Análisis químico de colada
 - Prueba de tensión
 - Inspección electromagnética
 - Inspección visual y dimensional
 - Prueba hidrostática
2. En la conexión
 - Inspección visual y dimensional
 - Pruebas mecánicas (muestreo)

CAPITULO 1 **OBTENCIÓN DEL HIERRO GRIS**

ALTO HORNO

Los materiales básicos empleados para fabricar arrabio son mineral de hierro, coque y caliza. El coque se quema como combustible para calentar el horno, y al arder libera monóxido de carbono, que se combina con los óxidos de hierro del mineral y los reduce a hierro metálico. La ecuación de la reacción química fundamental de un alto horno es



La caliza de la carga del horno se emplea como fuente adicional de monóxido de Carbono y como sustancia fundente. Este material se combina con la sílice presente en el mineral (que no se funde a las temperaturas del horno) para formar silicato de calcio, de menor punto de fusión. Sin la caliza se formaría silicato de hierro con lo que se perdería hierro metálico. El silicato de calcio y otras impurezas forman una escoria que flota sobre el metal fundido en la parte interior del horno. El arrabio producido en los altos hornos tiene la siguiente composición: un 92% de hierro, un 3 o 4% de carbono, entre 0,5 y 3% silicio, del 0,25% al 2,5% de manganeso, del 0,04 al 2% de fósforo y algunas partículas de azufre.

Un alto horno típico está formado por una cápsula cilíndrica de acero forrada con un material no metálico y resistente al calor, como asbesto o ladrillos refractarios. El diámetro de la cápsula disminuye hacia arriba y hacia abajo, y es máxima en un punto situado aproximadamente a una cuarta parte de su altura total. La parte inferior del horno está dotada de varias aberturas tubulares llamadas toberas, por donde se fuerza el paso del aire. Cerca del fondo se encuentra un orificio por el que fluye el arrabio cuando se sangra (o vacía) el alto horno. Encima de ese orificio, pero debajo de las toberas, hay otro agujero para retirar la escoria. La parte superior del horno, cuya altura es de unos 30 m, contiene respiraderos para los gases de escape, y un par de tolvas redondas, cerradas por válvulas en forma de campana, por las que se introduce la carga en el horno. Los materiales se llevan hasta las tolvas en pequeñas vagonetas o cucharas que se suben por un elevador inclinado situado en el exterior del horno.

Los altos hornos funcionan de forma continua. La materia prima que se va a introducir en el horno se divide en un determinado número de pequeñas cargas que se introducen a intervalos de entre 10 y 15 minutos. La escoria que flota sobre el metal fundido se retira una vez cada dos horas, y el hierro se sangra cinco veces al día.

El aire insuflado en el alto horno se precalienta a una temperatura comprendida entre 550 y los 900 °C. El calentamiento se realiza en las llamadas estufas, cilindros con estructuras de ladrillo refractario. El ladrillo se calienta durante varias horas quemando gas de alto horno que son los gases de escape que salen de la parte superior del horno.

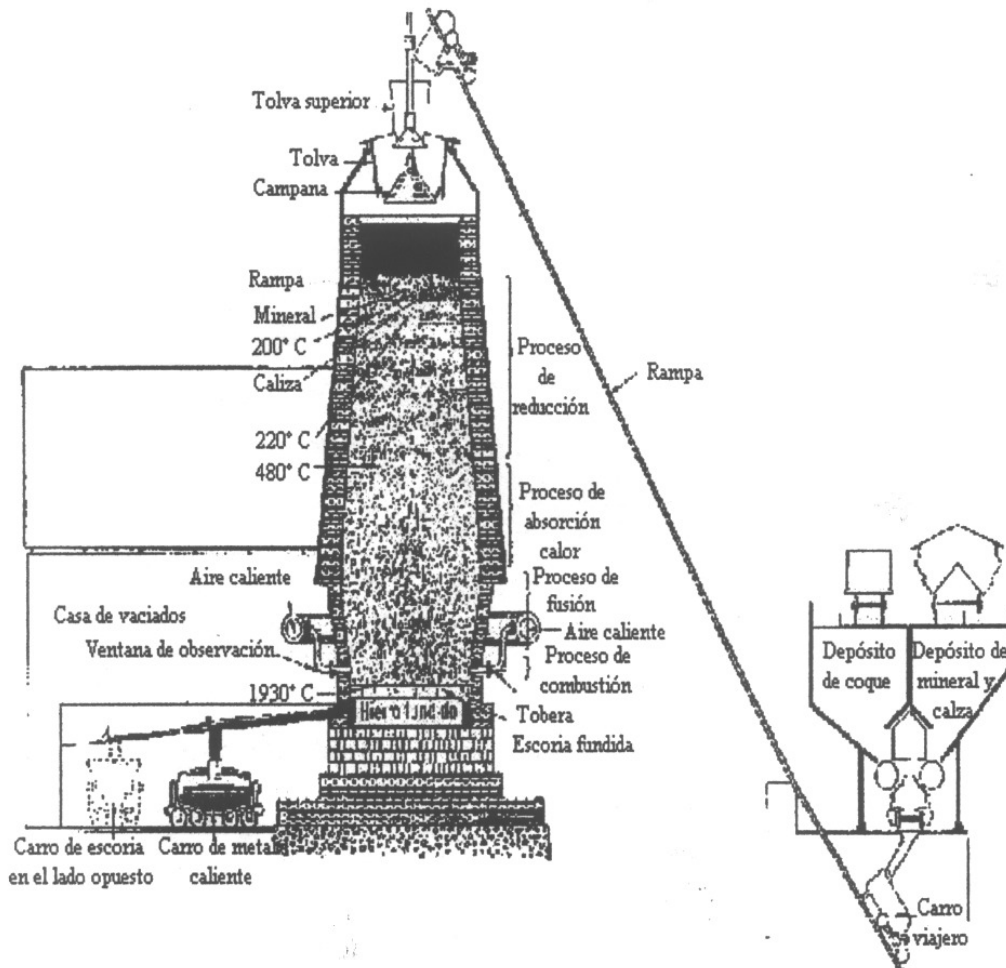
Después se apaga la llama y se hace pasar el aire a presión por la estufa. El peso del aire empleado en un alto horno supera el peso total de las demás materias primas.

Después de la II Guerra Mundial se introdujo un importante avance en la tecnología de altos hornos: la presurización de los hornos. Estrangulando el flujo de gas de los respiraderos del horno es posible aumentar la presión del interior del horno hasta 1,7 atmósferas o más. La técnica de presurización permite una mejor combustión del coque y una mayor producción de hierro. En muchos altos hornos puede lograrse un aumento de la producción de un 25%. En instalaciones experimentales también se ha demostrado que la producción se incrementa enriqueciendo el aire con oxígeno.

El proceso de sangrado consiste en retirar a golpes un tapón de arcilla del orificio del hierro cercano al fondo del horno y dejar que el metal fundido fluya por un canal cubierto de arcilla y caiga a un depósito metálico forrado de ladrillo, que puede ser una cuchara o una vagoneta capaz de contener hasta 100 toneladas de metal. Cualquier escoria o sobrante que salga del horno junto con el metal se elimina antes de llegar al recipiente. A continuación, el contenedor lleno de arrabio se transporta a la fábrica siderúrgica.

PARTES PRINCIPALES DE UN ALTO HORNO

En un alto horno, se logra la transformación del mineral de hierro en arrabio.



Vista seccional de un alto horno

En el alto horno, el mineral de hierro, el coque y la caliza se cargan por la parte superior. Por las otras toberas se inyecta el aire caliente que enciende el coque y libera el monóxido de carbono necesario para reducir al óxido de hierro. El arrabio producto final del alto horno, se colecta por una piqueta en la parte inferior.

Los minerales de hierro contienen del 60 al 70% de hierro; el resto se compone de oxígeno, arena, arcilla y piedras, que a su vez contienen sílice (óxido de silicio). Es necesario deshacerse del sílice para evitar que una parte del hierro se desperdicie al formar compuestos con esta sustancia. Lo anterior se logra agregando piedra caliza. La caliza tiene la propiedad de que, a altas temperaturas, tiene mucha afinidad por el sílice y por otras impurezas que vienen con el mineral, formando compuestos que flotan en el arrabio líquido como escoria.

El mineral, junto con la piedra caliza y el coque tienen en su conjunto el nombre de carga y se introducen en el alto horno por la parte superior. La forma y el tamaño de la carga están ya muy estudiados. Primero se muelen los minerales de hierro y la piedra caliza. Luego se producen aglomerados de uno a dos centímetros de diámetro, donde la caliza se incorpora junto con el mineral.

Con bandas transportadoras se lleva la carga, es decir las esferas del mineral y la caliza, y trozos de coque, hasta la parte superior del alto horno. Casi todo el alto horno se mantiene lleno de carga. Por la parte inferior, utilizando ductos llamados toberas, se introduce un sople de aire caliente que fluye por los huecos que quedan entre las partículas de la carga.

Desde los tiempos de los fundidores chinos del siglo VI hasta principios del siglo XIX el arrabio se produjo soplando con aire frío sobre la mezcla de minerales y carbón. Sin embargo, el proceso es mucho más eficiente tanto en rapidez como en consumo de coque si se sopla aire caliente adicionado con un poco de oxígeno y, eventualmente, con hidrocarburos.

Cuando el sople de aire caliente fue introducido por James Nielsen en 1828, se logró de inmediato un ahorro del 40% en el consumo de carbón.

En el alto horno, el aire caliente sirve para producir la combustión del coque y para elevar la temperatura. El oxígeno del aire se combina con el carbono para producir el monóxido de carbono que, a su vez, reacciona con el óxido de hierro para producir hierro y bióxido de carbono.

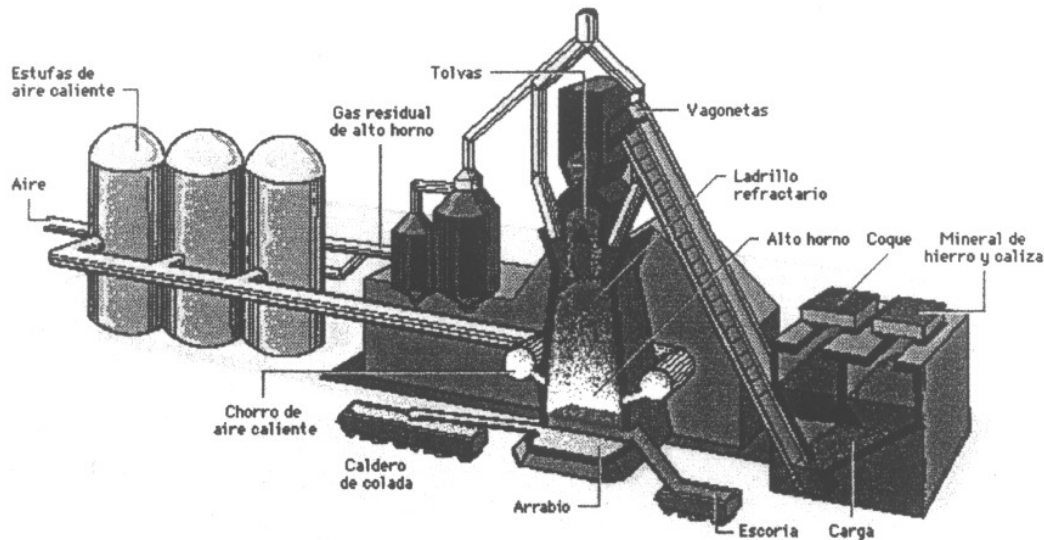
Al salir del alto horno, los gases producidos por la reacción del aire, caliente con el coque y el mineral de hierro no están totalmente quemados. Es común, que una cuarta parte de la mezcla de gases salientes sea monóxido de carbono. Este gas venenoso todavía puede quemarse, es decir, oxidarse, y el calor producido es aprovechable en el calentamiento del sople del aire que entra. Con esto se logra además un beneficio para el ambiente al reducir las emisiones de monóxido de carbono.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Los gases que salen del alto horno son canalizados mediante ductos hacia enormes estufas donde se logra la combustión total de los mismos. En el camino, como se ilustra en la figura, los gases se hacen pasar por cámaras para separar el polvo que arrastran.

De esas cámaras se conducen a una de las estufas (los altos hornos se acompañan al menos de dos estufas). Las estufas son cámaras de combustión revestidas, con tabiques refractarios con alta capacidad de absorber calor. Después de algunas horas de quemado de los gases la estufa alcanza altas temperaturas y en ese momento los gases se canalizan a otra de las estufas. Es entonces cuando el sople del aire, que deberá entrar al alto horno, se pasa por la estufa para que se caliente al hacer contacto con las paredes de tabique refractario incandescente, y alcanza temperaturas superiores a los 1000°C. La parte más caliente del alto horno se localiza justamente arriba de las toberas y se conoce como, etalaje. Allí la

temperatura alcanza los 1800°C, alrededor de 550 grados más de los necesarios para fundir el arrabio. En estas condiciones las esferas de la carga, originalmente hechas de óxidos de hierro y caliza, lloran (gotean) arrabio y escoria que se depositan en el crisol que está en la parte inferior del alto horno.



Para transformar mineral de hierro en arrabio útil hay que eliminar sus impurezas. Esto se logra en un alto horno forzando el paso de aire extremadamente caliente a través de una mezcla de mineral, coque y caliza, la llamada carga. Unas vagonetas vuelcan la carga en unas tolvas situadas en la parte superior del horno. Una vez en el horno, la carga es sometida a chorros de aire de hasta 870 °C (el horno debe estar forrado con una capa de ladrillo refractario para resistir esas temperaturas). El metal fundido se acumula en la parte inferior. Los residuos (la escoria) flotan por encima del arrabio fundido. Ambas sustancias se extraen periódicamente para ser procesadas.

Los gases ricos en monóxido de carbono que salen del alto horno son aprovechados para calentar las estufas al completar su combustión. Mientras una de las estufas está en el proceso de combustión, la otra, previamente calentada, sirve para elevar la temperatura del aire por encima de los 1 000°C.

La escoria y el arrabio se sacan del crisol por unos ductos llamados piqueras. La piqueta de escoria está colocada más arriba que la de arrabio porque la escoria flota, frecuentemente el arrabio se traslada al convertidor en el estado líquido; sin embargo, en algunas plantas se vacía para formar lingotes. En Inglaterra, originalmente, los lingotes de arrabio tenían la forma de cerdos y por eso en inglés el arrabio es conocido como pig iron.

Las fundiciones de hierro son aleaciones de hierro carbono del 2 al 5%, cantidades de silicio del 2 al 4%, del manganeso hasta 1%, bajo azufre y bajo fósforo. Se caracterizan por que se pueden vaciar del horno cubilote para obtener piezas de muy diferente tamaño y complejidad pero no pueden ser sometidas a deformación plástica, no son dúctiles ni maleables y poco soldables pero sí maquinables, relativamente duras y resistentes a la corrosión y al desgaste.

Las fundiciones tienen innumerables usos y sus ventajas más importantes son:

- Son más fáciles de maquinar que los aceros.
- Se pueden fabricar piezas de diferente tamaño y complejidad.
- En su fabricación no se necesitan equipos ni hornos muy costosos.
- Absorben las vibraciones mecánicas y actúan como autolubricantes.
- Son resistentes al choque térmico, a la corrosión y de buena resistencia al desgaste.

De acuerdo con la apariencia de su fractura, las fundiciones pueden ser grises, blancas, atruchadas, aunque también existen las fundiciones maleables, nodulares y especiales o aleadas.

Las fundiciones pueden presentar los mismos constituyentes de los aceros, más el eutéctico ledeburita compuesto de austenita y cementita, el eutéctico ternario de cementita, ferrita y fosfito de hierro (esteadita) y el carbono en forma de láminas, nódulos o esferitas de grafito, su micro estructura se basa en el diagrama hierro carbono estable.

Ledeburita: Es el constituyente eutéctico que se forma al enfriar la fundición líquida de 4.3% C desde 1145°C. Está formada por 52% de cementita y 48% de austenita de 2% C.

La ledeburita no existe a temperatura ambiente en las fundiciones ordinarias debido a que en el enfriamiento se transforma en cementita y perlita; sin embargo en las fundiciones se pueden conocer las zonas donde existió la ledeburita por el aspecto eutéctico con que quedan las agrupaciones de perlita y cementita.

Esteadita: Es un constituyente de naturaleza eutéctica duro, frágil (300 a 350 Vickers) y de bajo punto de fusión (960°C), que aparece en las fundiciones de alto contenido en fósforo (más de 0.15% P).

PROCESO DE HORNOS

Los tres procesos modernos y los hornos que se emplean para producir acero son el de oxígeno básico, el de hogar abierto y el eléctrico. Estos hornos no se pueden utilizar uno en lugar de otro. Cada sistema requiere diferentes fuentes de energía y diferentes fuentes de materias primas. La clase de instalación se escoge, por tanto, por razones económicas y por la disponibilidad de materias primas y fuentes de energía.

El horno de oxígeno básico está diseñado para producir un acero de alta calidad en poco tiempo; cada hornada por hora es de 200 a 300 toneladas (en cada lote), en comparación a las hornadas de 100 a 375 toneladas que se obtienen entre 5 a 8 horas con el proceso de hogar abierto. La materia prima principal que se usa en el horno de oxígeno básico es arrabio fundido procedente del alto horno. El desperdicio o chatarra de acero se carga al horno y se utiliza cal como fundente para que reaccione con las impurezas y forme una escoria sobre a superficie del metal fundido. Una lanza enfriada con agua se baja dentro, a pocos metros de la carga para inyectar una corriente de oxígeno a más de 100 libras entre pulgada cuadrada sobre la superficie del baño fundido.

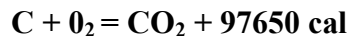
La oxidación del carbono y las impurezas ocasiona una vigorosa agitación la cual origina que todo el metal se ponga en contacto con la corriente de oxígeno. Primero se inclina el crisol para remover la escoria y luego se le hace girar para vaciar el acero fundido en una olla de colada. Se agrega carbón, generalmente en forma de esferas aglomeradas de antracita, en cantidades cuidadosamente medidas y también se añaden otros elementos para producir la cantidad deseada en el acero.

El desperdicio se coloca en el horno con una máquina cargadora que generalmente da servicio a una línea o selle de hornos de hogar abierto en un solo edificio. Se agregan otros elementos para mejorar el acero. Sobre la superficie del acero caliente se forman escamas o incrustaciones de laminación que se desprenden en forma de escamas negras; éstas son en realidad una forma de óxido de hierro (Fe_3O_4), llamado magnetitas en su forma de mineral. En los molinos o trenes de laminación se utiliza el acero de los hornos de fabricación para reducir el contenido de carbono. Se agrega ferrosilicio de aluminio si se quiere obtener acero calmado. Un acero calmado es aquel que se ha desoxidado suficientemente para evitar la formación de gas en la lingotera, y dar lugar a un acero uniforme.

Si no se desoxigena al acero, se le llama acero efervescente porque se forman bolsas de gas y huecos producidos por el oxígeno libre en el centro del lingote y el borde cercano a la superficie del lingote está libre de defectos. Sin embargo, la mayoría de estas fallas se eliminan mediante procesos de laminación posteriores. Cuando los contenidos de la hornada son aceptables y la temperatura es la correcta, se pica o sangra el horno y se vacía el metal fundido a una olla de colada. Como sucede con el horno de oxígeno básico se agrega carbono al contenido de la olla para ajustar el contenido de carbono. Se agregan pequeñas esferas de aluminio a la cuchara para desoxidar el metal fundido y producir un tamaño de grano más fino.

Una grúa viajera levanta la cuchara u olla de colada, con su carga de acero fundido, y la pasa sobre una serie de pesados moldes de hierro fundido para hacer lingotes. El acero se descarga o se vacía a los moldes por medio de una abertura que hay en el fondo de la olla de colada.

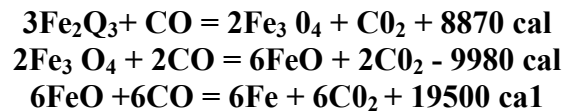
En el funcionamiento de un alto horno tienen dos flujos continuos a contracorriente, de arriba hacia abajo desciende el mineral de hierro, coque, fundentes, y de abajo hacia arriba se mueven los productos de combustión del coque y el aire caliente. Al descender, el coque se calienta por los gases calientes que ascienden, y al ponerse en contacto con el aire de la parte inferior del horno se quema de acuerdo con la reacción;



Cuando arde el coque, la temperatura se eleva hasta $1600^\circ - 1750^\circ C$. El bióxido de carbono que se forma, entra en reacción con nuevas capas del coque calentado al rojo, reduciéndose a monóxido de carbono según la reacción



La mezcla gaseosa calentada, compuesta del monóxido de carbono, bióxido de carbono y el nitrógeno del aire sube, y entrando en contacto con los materiales de carga que descienden los calienta ininterrumpidamente creando en diferentes partes del horno las zonas de temperatura correspondientes. En la zona del tragante y en la parte superior de la cuba el mineral introducido se seca, apareciendo en el grietas. En la parte media e inferior, a las temperaturas de 400° - 9000 C, el monóxido de carbono, actuando sobre el mineral, contribuye a la reducción gradual del hierro según las reacciones.



El carburo de hierro formado, así como el carbono sólido se disuelve en el hierro esponjoso, el cual, a medida que se satura, se convierte en el hierro fundido. En el hierro también se disuelven las combinaciones sulfúricas del mineral y el coque la disolución de carbono, silicio, manganeso, fósforo y azufre en el hierro se llama hierro fundido que caen gradualmente en el crisol. Como ya se ha indicado mas arriba el mineral contiene ganga. Esta es bastante refractaria, es decir, funde a una temperatura muy alta. Para rebajar la temperatura de fusión de la ganga se introduce caliza en la carga. La caliza, poniéndose en interacción (fundándose), forma escorias con la ganga. En las escorias se disuelve una parte de las impurezas perjudiciales (sulfúricas, fosforicas) y la ceniza, Las escorias con un gran contenido elevado de CaO, básicas. Las escorias mas básicas contribuyen a una eliminación considerable del azufre en el hierro fundido. Las escoñas, lo mismo que el hierro fundido, caen en forma de gotas en la parte inferior del alto horno.

Pero, las escorias tienen un peso específico menor en comparación con el hierro fundido, y, por eso, suben en estado líquido a la superficie del hierro fundido líquido.

Las escorias se descargan aproximadamente cada hora. Las escorias descargadas se transportan en vagonetas especiales al lugar en donde se transformaran posteriormente.

El hierro fundido se interrumpe el suministro del aire y se abre la piquera. Este sale del horno por canales y se vierte en grandes cucharas revestidas (recipientes del metal) que se llaman también mixer, por medio de las cuales el hierro fundido se transporta al lugar de su empleo.

MATERIA PRIMA PARA OBTENER EL HIERRO GRIS

Como materias primas para obtener hierro fundido se emplean minerales de hierro, combustibles y fundentes.

Minerales de hierro.- Los minerales son compuestos naturales que contienen óxido de hierro y la llamada ganga. La ganga contiene en lo fundamental sílice (SiO₂), Alumina (Al₂O₃), Óxido de calcio (CaO) y óxido de magnesio (MgO).

La utilidad del mineral de hierro para la fusión se determina por el contenido de hierro, por la composición de la ganga y la presencia de impurezas perjudiciales, como el azufre, fósforo, arsénico y otras.

Entre los minerales de hierro industriales tenemos:

La magnetita (o imán natural) contiene el hierro en forma de óxido ferrico (Fe_3O_4). El contenido de hierro en estos minerales oscila, en la práctica, del 45 al 70%. El mineral tiene propiedades magnéticas, gran densidad y color negro.

La hematites u oligisto.- es el óxido de hierro deshidratado (Fe_2O_3). Este mineral contiene del 50 al 60% de hierro y es de color rojizo negruzco. Se reduce con mayor facilidad que el imán natural (magnetita).

La limonita.- es el óxido de hierro hidratado ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). El mineral contiene del 20 al 60% de hierro y tiene color pardo con diferentes matices. Se reduce bien, lo que hace económica la obtención del hierro colado incluso con minerales pobres.

La siderita (hierro espático).- es la combinación del ácido carbónico con el hierro (FeCO_3) (carbonato de hierro). El contenido de hierro en este mineral oscila, en la práctica, entre 30 y 42%. El mineral tiene un color gris con matices de amarillo. La siderita se reduce muy bien.

PREPARACIÓN Y ENRIQUECIMIENTO DEL MINERAL.

A las operaciones de preparación y enriquecimiento del mineral pertenecen: la trituración, clasificación, calcinación, lavado, separación electromagnética y tostación.

El proceso de fusión en los altos hornos, el gasto de combustible y la calidad de preparación del mineral.

La trituración se realiza en molinos de mandíbulas o de cómo el mineral triturado se clasifica en cribas o tamices de estructura especial; los pedazos grandes se separan de los finos, los cuales se someten posteriormente a la tostación.

Los pedazos de gran tamaño, de 30 a 100 mm, se clasifican en grupos y se envían a la fusión, Para hacer mineral poroso de fácil reducción y libre de impurezas perjudiciales, se somete a calcinación en hornos especiales. Los minerales que tienen mucha arcilla, arena, tierra arcillosa, etc. Se lavan con agua. Durante el lavado, la ganga se separa por medio de un chorro fuerte de agua. Los minerales que poseen propiedades magnéticas se clasifican en instalaciones especiales, en las cuales unos imanes eléctricos separan las partículas del mineral de hierro, rechazado la ganga no magnética. Los pedacitos de mineral y cisco de coque se someten a tostación con el objeto de obtener pedazos más grandes.

Combustible.- El combustible es una materia orgánica compuesta de una parte inflamable y otra no inflamable (lastre). Las partes inflamables son el carbono e hidrógeno, al lastre pertenecen el agua, las cenizas y el azufre. Este último, a pesar de que al quemarse produce

calor, es un componente indeseable, ya que al penetrar en el metal, empeora sus propiedades. El combustible necesario para el trabajo de los altos hornos ha de ser suministrado en forma de pedazos de un tamaño determinado, poseer una solidez suficiente, ser resistente al desgaste, no formar grietas a altas temperaturas, contener una cantidad mínima de impurezas que se introduzcan en el metal, producir una pequeña cantidad de ceniza al quemarse, tener alto poder calorífico y ser barato. En los altos hornos se utiliza como combustible principalmente el coque y, con menos frecuencia, el carbón vegetal.

El coque es el combustible fundamental para la fusión en los altos hornos. Se obtiene por medio de la destilación seca del carbón de piedra. La producción del coque se realiza en hornos especiales a la temperatura de 1000 a 1100°C. El coque de buena calidad tiene un color gris claro un tanto plateado, no mancha las manos, es bastante poroso y tiene grietas en su superficie. El poder calorífico del coque es de 7000 a 8000 Kcal./kg. La resistencia al aplastamiento alcanza 140 Kg./cm².

El coque de buena calidad debe un pequeño porcentaje de ceniza y de humedad, así como un pequeño contenido específico de azufre. Las ventajas del coque son: alto poder calorífico, porosidad, resistencia considerable al aplastamiento y desgaste y bajo costo.

Para la producción en los altos hornos el coque se suministra en pedazos de 30 a 80 mm de tamaño.

Los fundentes.- En metalurgia, sustancia que se emplea para eliminar óxidos y otras sustancias no deseadas o impedir su formación durante la soldadura.

Son sustancias minerales que se introducen en el alto horno, donde, al fundirse con las gangas de los minerales y con la ceniza del combustible, producen escorias fácilmente fusibles. Cuando los minerales contienen impurezas de arena y arcilla, se utiliza como fundente la caliza; cuando la composición de la ganga es calcerea, se pueden emplear como fundentes sustancias que contengan sílice, cuarzo, arenisca y cuarcitas. Antes de la fusión los fundentes se trituran en pedazos de 30 a 80 mm.

Los fundentes también se emplean en el refinado de metales, y van desde la sílice (ácida) hasta la cal (básica) pasando por el bórax (neutro). También incluyen las colofonias y diversos corrosivos. La elección del fundente a utilizar dependerá de los materiales implicados en cada caso.

CAPITULO 2 **PROPIEDADES DEL HIERRO GRIS**

PROPIEDADES FISICAS

Las propiedades físicas dependen del tipo de aleación y las más importantes son:

- Peso específico
- Calor específico
- Dilatación térmica
- Temperatura de fusión y solidificación
- Conductividad térmica y eléctrica
- Resistencia al ataque químico

Peso específico.

El peso específico puede ser absoluto o relativo: el primero es el peso de la unidad de volumen de un cuerpo homogéneo. El peso específico relativo es la relación entre el peso de un cuerpo y el peso de igual volumen de una sustancia tomada como referencia; para los sólidos y líquidos se toma como referencia el agua destilada a 4°C.

Calor específico.

Es la cantidad de calor necesaria para elevar en 1°C la temperatura de 1 Kg. de determinada sustancia. El calor específico varía con la temperatura. En la práctica se considera el calor específico medio en un intervalo de temperaturas.

Punto de fusión.

Es la temperatura a la cual un material pasa del estado sólido al líquido, transformación que se produce con absorción de calor.

Punto de Solidificación

Es la temperatura a la cual un líquido pasa al estado sólido, durante la transformación hay cesión de calor casi siempre coinciden los puntos de fusión y de solidificación.

Calor latente de fusión.

Es el calor necesario para vencer las fuerzas moleculares del material (a la temperatura de fusión) y transformarlo de sólido en líquido.

Resistencia a la corrosión.

La corrosión de los metales puede originarse por:
Reacciones químicas con los agentes corrosivos

Reacciones electroquímicas producidas por corrientes electrolíticas generadas en elementos galvánicos formados en la superficie con distinto potencial. Las corrientes electrolíticas se producen con desplazamiento de iones metálicos.

La corrosión electrolítica puede producirse por:

- Heterogeneidad de la estructura cristalina
- Tensiones internas producidas por deformación en frío o tratamientos térmicos mal efectuados.
- Diferencia en la ventilación externa

La protección de los metales contra la corrosión puede hacerse por:

- Adición de elementos especiales que favorecen la resistencia a la corrosión.
- Revestimientos metálicos resistentes a la corrosión
- Revestimientos con láminas de resinas sintéticas o polímeros.

Los metales suelen ser duros y resistentes. Aunque existen ciertas variaciones de uno a otro, en general los metales tienen las siguientes propiedades: dureza o resistencia a ser rayados; resistencia longitudinal o resistencia a la rotura; elasticidad o capacidad de volver a su forma original después de sufrir deformación; maleabilidad o posibilidad de cambiar de forma por la acción del martillo; resistencia a la fatiga o capacidad de soportar una fuerza o presión continuadas y ductilidad o posibilidad de deformarse sin sufrir roturas.

El hierro es la base de muchas aleaciones de acero. Las propiedades se obtienen por la aleación de hierro con carbono, níquel, cromo y otros elementos en proporciones variadas que resultan en materiales con propiedades mecánicas y físicas muy diferentes

Como ya sabemos, la estructura es la forma en que se asocian las partículas elementales del suelo para formar agregados. Es una consecuencia del estado de los coloides del suelo, cuando están floculados forman agregados mas o menos estables por el contrario cuando están dispersos los componentes textuales quedan aislados.

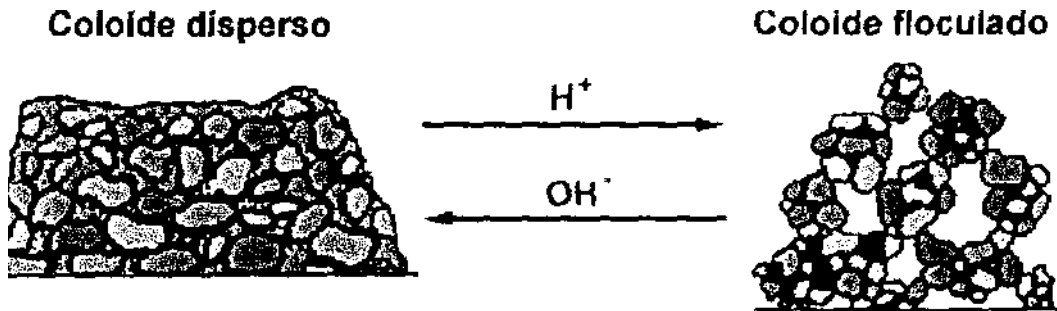
La estructura afecta a un numeroso grupo de características físicas del suelo pero sobre todo controla la porosidad del mismo, la cual permite la circulación del agua, la renovación del aire y la penetración de las raíces. La circulación del agua favorece la distribución de los nutrientes y a la vez la hace llegar hasta los lugares de almacenamiento con lo que se incrementan las reservas de la misma. La favorable infiltración impide que se formen láminas superficiales, que generarían escorrentías; de este modo se incrementa la resistencia a la erosión. Un correcto intercambio entre la fase gaseosa del suelo y la atmósfera libre, así como una buena aireación del mismo, no solo favorece el desarrollo radicular de las plantas superiores sino la actividad de los microorganismos y el correcto establecimiento de la micro fauna. Por último, ejerce una acción positiva sobre la consistencia del suelo, que en superficie permite la emergencia de las plántulas tras la germinación, al impedir la formación de encostramientos, al mismo tiempo que facilita as labores agrícolas.

Volviendo al mecanismo de formación, encontramos que dentro de los coloides del suelo podemos distinguir dos grandes grupos según su carga. En primer lugar están los coloides electropositivos o basoides que están representados por los óxidos de hierro y aluminio, más o menos hidratados, que se comportan como bases débiles y se encuentran dispersos en medio ácido y coagulados en medio alcalino. En segundo lugar tenemos los coloides electronegativos o acidoides, cargados negativamente y que son los más abundantes en el suelo; están representados por los minerales arcillosos, los complejos ferro-silicos y las sustancias húmicas; se comportan como ácidos débiles y se encuentran dispersos en medio alcalino y flocculan en medio ácido.

Dentro de estos últimos las arcillas se comportan como hidrófobas y se hallan rodeadas de una delgada capa de agua, mientras que las sustancias húmicas son hidrófilas y presentan una gruesa capa de agua. Existen también una serie de coloides que son realmente anfóteros y cambian de signo según que el pH esté por encima o por debajo de su punto isoeléctrico así la caolinita que sería un coloide electronegativo, se hace electropositivo cuando el pH está por debajo de cuatro aproximadamente, en ese punto su susceptibilidad para floccular es máxima

El estado de los coloides en diferentes medios podemos explicarlo según el nivel de disociación. En el caso de la arcilla y del humus, por ejemplo, puede explicarse de forma muy simplista por la siguiente ecuación:

Cuando aumenta la concentración de hidrogeniones el equilibrio se desplaza hacia la izquierda provocando la flocculación, mientras que cuando existe un exceso de hidroxilos, neutralizan los hidrogeniones y el equilibrio se desplaza hacia la derecha y se produce una mayor dispersión. Ahora bien los hidrogeniones y oxhidrilos no son los únicos que influyen en el estado de los coloides del suelo, pues los diversos cationes presentes en la solución ejercen también una acción flocculante de los coloides electronegativos. Si bien su actividad es diferente según su carga y su nivel de hidratación que modifica su radio iónico. La acción flocculante de los iones bivalentes es más enérgica que la de los monovalentes, sobre todo para el caso de los coloides hidrófilos, como las sustancias húmicas, que se encuentran protegidas por una densa capa de agua; por ello su acción sobre la arcilla es aún más intensa. Los iones monovalentes, por las razones ya aducidas, pueden floccular a la arcilla pero apenas tienen efecto sobre el humo. En ocasiones puede suceder que las arcillas se hallen flocculadas en medios alcalinos y dispersas en medios ácidos, cuando se dan ciertas condiciones y dado que en el suelo coexisten simultáneamente iones flocculantes y dispersantes.



Un caso es el de las arcillas cálcicas de los suelos calizos, que cuando contienen una importante cantidad de la que se conoce como caliza activa presentan un pH ligeramente alcalino, pero el exceso de calcio en la solución provoca a floculación de los coloides. En un medio alcalino, la arcilla cálcica tiende a dispersarse por el exceso de hidroxilos que favorece que parte del calcio se encuentre como hidróxido en forma no disociada haciendo que la reacción se desplace hacia la derecha.

Pero cuando hay caliza activa, parte del carbonato cálcico se disuelve y la eliminación del dióxido de carbono provoca el desplazamiento de la reacción hacia a derecha, sobre todo cuando el medio está bien aireado.

En este caso el exceso de Ca invierte el sentido de la primera reacción.

Otro caso es el de las arcillas sodicas de ciertos suelos salinos. La arcilla sódica puede disociarse de la siguiente manera:

La fuerte liberación de sodio y la fortaleza de la sosa como base hace que el pH alcance valores cercanos a nueve, esto impide la floculación de la arcilla en forma ácida, a pesar de la escasa capacidad de disociación de la misma. Ahora bien esto sucede cuando suponemos que el agua que se aporta a la arcilla es agua ‘dulce’ procedente de la lluvia.

En esta situación la arcilla aparece dispersa en su totalidad así como las sustancias húmicas; esta dispersión elimina la presencia de poros y el agua no puede circular por el suelo produciendo un medio asfixiante por la carencia de aire. El mantenimiento del agua durante largo tiempo solubiliza las sales presentes en el suelo, no olvidemos que se trata de un suelo salino. Al producirse esa solubilización aparece una alta concentración de sodio que desplaza la reacción principal hacia la izquierda, esto hace disminuir el valor del pH hasta las cercanías de siete y las arcillas floculan por efecto del ión sodio.

Cuando los coloides están dispersos y el suelo se seca, se forma una masa constituida por las partículas elementales del suelo. Si se trata de un suelo con una textura arenosa o limosa, con poco contenido en arcilla, no se forman agregados estructurales y aparece la estructura particular.

Cuando el suelo presenta un contenido en arcilla importante, al secarse la pasta formada, la arcilla actúa como cemento y une a las restantes partículas del suelo formando una masa continua. Este hecho se ve favorecido por la situación del horizonte en posiciones bajas del

perfil, pues el peso de la parte que queda encima favorece ese apelmazamiento, que tiene lugar incluso con bajos contenidos en arcilla, se forma una estructura masiva, En los horizontes C suele ocurrir que no se ha producido una separación de las partículas al ser muy pequeña su alteración por lo que la unión entre las mismas es a propia del material de procedencia.

Cuando el contenido arcilloso es elevado, el secado puede producir una retracción de la masa preformada, surgen entonces las estructuras de fragmentación propias de los horizontes B, en las que la intervención de la materia orgánica es muy escasa o nula.

Estas corresponden a las estructuras poliédricas, prismáticas o columnares; estas dos últimas se forman cuando el contenido arcilloso es muy elevado, la dispersión muy alta o ambas cosas a la vez.

En medios ácidos las arcillas deberían estar floculadas, pero es estas condiciones, la dificultad ofrecida a los procesos de humificación, hace que exista una gran cantidad de compuestos orgánicos solubles que actúan como coloides protectores de las arcillas, que si bien no están formando una auténtica suspensión si forman una emulsión con el agua.

Los compuestos orgánicos actúan como el huevo en la mayonesa, que posibilita la mezcla del agua con el aceite, que en nuestro caso sería la arcilla, Cuando estos compuestos orgánicos decrecen en su contenido, como sucede al profundizar en el perfil, se produce la floculación de la arcilla favorecida por la presencia de hierro férrico y aluminio, que son muy abundantes en este tipo de suelos. En el caso de los coloides orgánicos, su carácter hidrófilo hace que la gran capa de agua que los rodea, dificulte su floculación por los iones de menor carga como sodio y potasio, y solo puedan hacerlo el calcio y el magnesio aunque con mayor dificultad que lo hacen con la arcilla Pero si son poco sensibles a la floculación catiónica solo son a los agentes físicos, como sucede con la desecación que los flocula de forma casi irreversible, generando una estructura en grumos estables, que sería en nuestro ejemplo del huevo el efecto de cocerlo.

Los ácidos húmicos forman complejos con las arcillas, de forma que al ser las partículas arcillosas de mayor tamaño que las moléculas húmicas, quedan rodeadas por estas, que junto con las moléculas de agua que existe a su alrededor evita que los cationes puedan flocular al conjunto; como ya habíamos observado, las sustancias húmicas actúan como coloide protector de la arcilla. Ahora bien cuando se produce su floculación, la deshidratación de la fracción orgánica dificulta la redispersión de la arcilla, que en otras condiciones se realiza fácilmente, lo que hace que el humus aumente la estabilidad de los agregados formados por este mecanismo.

La formación de unidades estructurales no solo es debida a la floculación de los coloides sino a la cementación, tanto por ellos como por otras sustancias, de las partículas más gruesas. Entre estos agentes cementantes tenemos como principales a la arcilla, las sustancias húmicas, los óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio y el carbonato cálcico. La arcilla sola o ligada a los compuestos de hierro origina las estructuras que resultan de los procesos de retracción que aparecen en la estación seca, éste es el origen de las conocidas como estructuras de fragmentación, entre las que se cuentan la poliédrica y la prismática

fundamentalmente. Son estructuras propias de horizontes B y están asociadas a la escasez de materia orgánica, lo que las hace más débiles y destructibles cuando el suelo se humedece. Cuando las arcillas cambian fuertemente de volumen con el humedecimiento, como ocurre con las esmectíticas, la estructura creada es más fuerte que cuando se trata de arcillas caoliníticas o ilíticas.

Las sustancias húmicas suelen actuar en forma de complejos con la arcilla y primordialmente en los horizontes A, generando estructuras tanto más estables cuanto mejor es la polimerización de los compuestos húmicos, fundamentalmente ácidos húmicos grises. También resultan eficaces las sustancias húmicas ricas en redes formadas por cadenas de poliurónidos que actúan como adherentes de otras partículas edáficas minerales.

Los complejos arcillo-húmicos se muestran muy eficaces en la formación de agregados de pequeño tamaño, que pueden agruparse para formar otros mayores cuando la actividad biológica es intensa, formando estructuras complejas de tipo grumoso o migajoso que hacen muy esponjoso al horizonte k. Este tipo de estructuras son las que Duchaufour denomina estructuras construidas.

Los compuestos de hierro y aluminio pueden encontrarse en el suelo en tres formas diferentes con acción distinta sobre la estructura. En primer lugar tenemos las formas coloidales asociadas al complejo arcillo-húmico, en el que actúan compensando las cargas negativas de la arcilla y de las sustancias húmicas, ayudando a su floculación y a la formación de agregados; estas formas son más abundantes en suelos ácidos en los que la pobreza en otras bases es compensada estructuralmente por ellas. Las formas libres o asociadas al humus forman unos agregados peliculares que rodean y unen a los granos de arena y limo, que es típica de los horizontes B formados por acumulación de materia orgánica iluviada asociada a estos compuestos, horizonte Bhs. Cuando se encuentran cristalizados forman un cemento endurecido que recubre y engloba a los granos de arena y limo formando agregados muy duros y compactos.

Por último tenemos el carbonato cálcico que al precipitar por insolubilización del bicarbonato correspondiente, puede actuar como adhesivo de las partículas gruesas del suelo. En ocasiones puede hacerlo asociado a las sustancias húmicas, en cuyo caso se forman agregados muy estables aunque poco porosos, en contraste con los formados por la floculación de aquella en forma compleja con la arcilla.

De todo lo expuesto podemos deducir la presencia de dos grandes modelos estructurales, uno que comprende las estructuras simples constituidas por agregados elementales y las complejas por aglomeración de agregados simples. Desde el punto de vista de su génesis se pueden distinguir tres tipos, las que ya denominamos como estructuras construidas por la actividad biológica del suelo, tanto por su acción mecánica de triturar los restos orgánicos y mezclados con la fracción mineral, como por su efecto en la formación de cementos húmicos muy eficaces en la formación de grumos estables; son agregados de forma irregular, porosos y bien aireados, y generalmente estables. El segundo tipo comprendería ras estructuras de fragmentación procedentes de la fisuración de una masa arcillo-limosa que engloba a las arenas, poco humificada y propia de los horizontes B, que se produce por fenómenos de retracción; genera agregados de forma angulosa, como as forma poliédricas,

prismáticas y columnares, que a veces pueden resultar inestables. Por último, tenemos las estructuras que podríamos llamar concrecionadas y cuyo origen es la precipitación de los hidróxidos y su cristalización posterior alrededor de las partículas texturales; se forman agregados de pequeño tamaño, muy duros y poco o nada porosos; cuando el fenómeno es de gran amplitud aparecen estructuras masivas.

Cualquiera que sea la forma en que se rompen los agregados, una vez inmersos los fragmentos en agua se produce un efecto de dispersión de los coloides que provoca que se forme una suspensión en la cual las partículas mas gruesas se separan y depositan en la base de esa lámina líquida, que al ir desechándose el suelo puede formar una estructura escamosa en la superficie con una costra superficial endurecida, que puede llegar a plantear problemas a la nascencia de las semillas si ésta estuviese a punto de suceder en esta época.

Todo depende de la intensidad del proceso, que cuando es débil estos fenómenos apenas si son perceptibles y su efecto no tiene las nefastas consecuencias que hemos descrito para un caso extremo.

Una vez que conocemos los factores desencadenantes de la destrucción de la estructura estamos en condiciones de afirmar que las características del suelo que opondrán mas resistencia a ellos serán aquellos que aumenten su permeabilidad, los que incrementen la cohesión entre las partículas que forman los agregados, y los que disminuyen la mojabilidad de los mismos y moderen la penetración del agua por los poros. La cohesión está muy ligada a la presencia del agua, pues se incrementa con la intensa desecación de los coloides. Pero en otras ocasiones, como en los suelos arenosos, una humedad conveniente adhiere los granos arenosos generando un estructura temporal. La cohesión protege sobre todo del efecto del golpeo y algo del de estallido, si bien no tiene ningún efecto sobre la dispersión. Las otras dos características influyen sobre todo en el efecto de estallido.

No obstante existen otros factores extrínsecos que también inciden sobre la estabilidad de la estructura, entre otros tenemos de forma fundamental la cubierta vegetal, que va a interponerse en la trayectoria de las gotas de agua modificando Su energía. Bajo cultivo, una gran parte de las gotas es interceptada por las plantas y escurren a lo largo del tallo penetrando suavemente en el suelo junto a su base; el efecto de golpeo se atenúa considerablemente mientras que permanece el efecto de estallido, si bien al producirse la inmersión en la zona radicular, los finos petos absorbentes también disminuyen este efecto por actuar como vías preferenciales del agua favoreciendo la eliminación del aire por los poros restantes. En el caso de una pradera la intercepción del agua es prácticamente total y su acción sobre los dos aspectos mecánicos es máxima. Cuando la vegetación es arbórea, la protección varía con la extensión de la copa del árbol, la forma de las ramas principales y la altura del tronco.

Cuanto mayor sea la superficie de la copa mayor será la protección ofrecida y si las ramas tienen una inclinación conveniente pueden canalizar una parte importante del agua hacia el tronco por el que desciende suavemente hasta el suelo, en este sentido se han descrito suelos asociados a este efecto, entre los que se cuentan los conocidos como podsoles en copa que aparecen asociados a árboles muy longevos, por ese lavado intenso junto al tronco. Cuando las ramas no ayudan a la conducción de agua, esta cae desde las hojas,

adquiriendo una energía variable con la altura del tronco, que puede llegar a ser tan importante que el efecto de golpeo sea muy considerable.

Otro agente externo importante, aunque relacionado con el agua, es el hielo. Como norma general el hielo ejerce un efecto positivo sobre la estabilidad de la estructura.

Existen varios factores a considerar, uno es el movimiento de agua desde las zonas profundas hacia las superficies heladas, pues estas se comportan como secas y hay un movimiento capilar ascendente para equilibrar la humedad, este aspecto lo aclararemos mejor mas adelante. Esta acumulación de agua en superficie puede tener efectos negativos si la descongelación se produce en un periodo lluvioso, pues hay que añadir al efecto del agua caída la procedente del deshielo que provoca una superficie fangosa cuya estructura sufre una degradación acelerada al ir amasándose ese fango. Si por el contrario, el suelo se deshiela a medida que se deseca superficialmente por evaporación y percolación del agua, el efecto beneficioso es evidente, es como si no hubiese existido el humedecimiento. Su efecto está pues relacionado con la humedad existente antes de la helada, para posibilitar esa acumulación hídrica superficial así como con la finura del tamaño de partícula, que favorece el ascenso capilar, además de hacer la estructura mas sensible a la acción del agua.

Un último agente externo lo constituyen las labores. Cuando se abra el suelo con una frecuencia excesiva, de forma muy somera y con éste excesivamente seco, se produce una destrucción mecánica de los agregados semejante a la producida por el efecto de golpeo.

Por el contrario si el suelo está en su tempero el efecto es contrario, porque el peso de los aperos provoca un acercamiento de las partículas que aumentan la cohesión. Si la labor se realiza cuando los horizontes B presentan una plasticidad elevada pueden formarse las temidas suelas de labor a las que ya nos hemos referido y que tienen un efecto nocivo sobre la permeabilidad, acrecentando los efectos de estallido y dispersión, pero esto solo sucedería en suelos de textura fina. Como podemos apreciar siempre existe una recurrencia a las restantes características del suelo.

Como es lógico, los componentes del suelo no pueden ser ajenos a las propiedades del mismo, influyendo sobre todas ellas y la estabilidad de la estructura no constituye una excepción. El principal factor influyente sobre la estabilidad estructural es la presencia de coloides, aunque a veces sucede que suelos arenosos presentan estructuras mas estables que algunos suelos arcillosos. Es pues la textura uno de los principales factores a considerar, pero sobre todo la relación entre algunos de sus constituyentes y de forma especial la existente entre el limo y la arcilla. El limo disminuye la permeabilidad y la cohesión, a la vez que favorece el apelmazamiento del suelo; solo puede ser equilibrado con una proporción adecuada de arcilla. No se han establecido límites universales para la relación limo/arcilla, por lo que dependen de cada suelo, aunque está muy extendido el valor de 1.5 como máximo, siempre que el contenido en arcilla supere el valor del 12%, ya que por debajo de él la estructura siempre será inestable.

La naturaleza de la arcilla, como no, tiene una gran influencia en el comportamiento de la fracción. Aquellas que presentan una gran carga son mas susceptibles de formar agregados

estables que las de carga baja, por ello los suelos esmectíticos presentan mejor estructura que los caoliniticos.

También el otro componente coloidal del suelo, la materia orgánica, ejerce un fuerte papel estabilizador, tanto por su carácter cementante, asociado a su coagulación, como por su efecto sobre el impedimento a la mojabilidad de los agregados. El efecto cementante es mas intenso cuando se efectúa mediante el ión calcio. El efecto antimojante es comparable al que se produce sobre una superficie engrasada, como un plato no bien lavado, que al humedecerla no forma una película de agua homogénea sobre ella sino que forma pequeñas gotitas aisladas merced a la tensión superficial del agua, con esta configuración no es posible que se introduzca por los finos poros de los agregados del suelo, lo que equivale a una disminución de la fuerza de succión. La influencia estabilizante del humus es muy intensa debido a su carácter de coloide hidrófilo y con un fuerte potencial de hinchamiento.

Entre los iones presentes en la solución del suelo, el calcio resulta un cemento muy fuerte para los coloides, lo que hace incrementar la cohesión del suelo. Esto frena los efectos de estallido y, sobre todo, de dispersión. Ahora bien la solución del suelo está en equilibrio con los cationes adsorbidos sobre la fase sólida, lo que conoceremos como complejo de cambio, es pues de éste de quien dependerá el comportamiento de los diferentes cationes.

No solo la concentración de un ión influye en su comportamiento sino a relación existente con los restantes, dado que muchos de ellos tienen características contrapuestas. La relación

Calcio/Sodio es definitiva por ese carácter contrario de ambos, y en los suelos magnesianos esa relación habría que sustituirla.

por la Calcio/(Sodio + Magnesio).

De esta forma dentro de los suelos salinos, en los que son mas abundantes los iones citados, en los que predomina el calcio, como sucede con los Solonchaks , la estructura es bastante estable por el predominio de arcillas cálcicas, mientras que en los predominantemente sódicos como los Solonchaks la estructura es fuertemente inestable.

De forma general la estructura está muy comprometida cuando el calcio constituye menos del 85 % del complejo de cambio. El sodio disminuye la estabilidad estructura' como acabamos de apuntar; su principal efecto es incrementar la expansibilidad de las arcillas, dado el gran tamaño de su ion hidratado, ello aumenta el efecto de estallido.

Otra característica es la de atenuar las tuerzas de atracción intermoleculares con lo que se dispara el efecto de dispersión. Los suelos eminentemente sódicos, Solonchaks, cuando están secos presentan fuertes grietas de retracción y una consistencia extremadamente dura, mientras que en húmedo forman una masa fangosa, viscosa y resbaladiza, con una gran adhesividad y plasticidad. Caerse sobre ellos es una verdadera alegría.

La presencia de hierro libre aumenta la cohesión de los agregados, envolviéndolos con una película bastante rígida que forma una coraza protectora alrededor de ellos atenuando tanto el efecto de golpeo como el de estallido, éste último a consecuencia de la disminución de la

mojabilidad. Su papel es muy parecido al de los humatos cálcicos deshidratados, aunque mas intenso cuando está bien cristalizado.

Existen algunas acciones relacionadas con los efectos enumerados, una de ellas es la roza que se practica como quema de rastrojos en la agricultura tradicional mediterránea y de forma sistemática en las tropicales. Esta práctica aumenta notablemente la estabilidad estructural salvo en los suelos pobres en arcilla. El fuego disminuye la mojabilidad de la materia orgánica a la vez que provoca una deshidratación parcialmente irreversible de los coloides arcillosos con la que se imita su capacidad de hinchamiento y de dispersión. En suelos pobres en arcilla, la destrucción por el fuego de una parte importante de la materia orgánica, máximo representante coloidal en ellos, hace que la estabilidad de la estructura quede muy disminuida. Unos efectos semejantes al recubrimiento de los agregados por los compuestos de hierro o por los humatos cálcicos, o tienen los llamados acondicionadores del suelo, que son sales sódicas y amónicas de ácidos poliacrílicos, que forman una envoltura reticulada de los agregados que aumenta su cohesión y disminuye su mojabilidad, Estas sustancias son similares a las empleadas para proteger la pintura de las paredes y hacerlas “lavables”, lo que puede ser una representación familiar del efecto de estas sustancias en el suelo. Esta protección se destruye con el trabajo del suelo por lo que deben emplearse nuevamente tras éste.

La estructura, como ya habíamos apuntado, interviene en todo el comportamiento físico del suelo, pero sobre todo resulta decisiva en la distribución del espacio poroso del mismo que será el regulador de la distribución de los fluidos.

PROPIEDADES QUÍMICAS

Es característico de los metales tener valencias positivas en la mayoría de sus compuestos. Esto significa que tienden a ceder electrones a los átomos con los que se enlazan. También tienden a formar óxidos básicos. Por el contrario, elementos no metálicos como el nitrógeno, azufre y cloro tienen valencias negativas en la mayoría de sus compuestos, y tienden a adquirir electrones y a formar óxidos ácidos.

Los metales tienen energía de ionización baja: reaccionan con facilidad perdiendo electrones para formar iones positivos o cationes. De este modo, los metales forman sales como cloruros, sulfuros y carbonatos actuando como agentes reductores (donantes de electrones).

Las partículas de arcilla y las moléculas orgánicas presentan una carga residual negativa sobre su superficie por lo que son intercambiadores catiónicos preferentemente mientras que los oxihidróxidos de hierro y aluminio están cargados positivamente y son intercambiadores aniónico de modo prioritario.

Alrededor de cada partícula coloidal se sitúa una nube de iones, colocándose en la primera capa los de signo contrario a la partícula, que al estar más cerca se encuentran retenidos con más fuerza si bien pueden intercambiarse con los de las capas vecinas y en último lugar con

los de la solución que están libres. De este modo, la probabilidad de que un tipo de ion este absorbido es fruto de su concentración en la solución cuanto mayor es ésta mayor es la tendencia a la absorción, ya medida que va disminuyendo su concentración sea superior. No obstante el tamaño de los iones y su carga les hace más o menos susceptibles de ser retenidos.

El origen de las cargas de las partículas coloidales es diverso. En el caso de la arcilla existen unas cargas procedentes de las sustituciones que ocurren en su estructura, que si bien están compensadas por los cationes de las intercapas esta compensación no siempre es perfecta dada la lejanía con que en muchas ocasiones se producen los defectos reticulares del cristal. Esto hace que los iones puedan quedar muy lejos de la carga que los atrae y la fuerza de unión de los mismos sea tan pequeña que de una gran movilidad, si en ese continuo oscilar se apartan demasiado de la fuente de atracción, su lugar puede ser fácilmente ocupado por otro que se encuentre más cerca. Estas cargas dependen de las sustituciones producidas en la red cristalina y siempre un valor constante y negativo, por ello a este tipo de cargas se las conoce como 'cargas fijas'. En los compuestos orgánicos estas cargas proceden de los grupos carboxílicos.

Ahora bien, hay minerales arcillosos en los que no existen sustituciones en su estructura, como sucede con la caolinita, y cuando se pone este mineral en una solución de sal, tras un determinado tiempo se produce una disminución en la concentración catiónica de la solución, señal de que se ha producido una absorción por parte del mineral de los cationes que faltan en la solución. Este hecho solo puede explicarse por desequilibrios creados en el borde del mineral en el que se rompe el equilibrio teórico, ya que éste solo es tal cuando las capas se consideran indefinidas.

En el borde de las capas tetraédricas pueden quedar expuestos los átomos de silicio que tendrían una carga positiva sin satisfacer, o los de oxígeno a los que quedaría una carga negativa. En las capas octaédricas podrían quedar los aluminios con media positiva, o los oxígenos o los OH con media carga negativa. En contacto con la solución del suelo en la que, como mínimo tenemos oxhidrilos e hidrogeniones procedentes del agua, son ellos los que satisfacen los defectos de carga creados y como que esos defectos siempre vienen en parejas, pues a un borde siempre le corresponde otro, la neutralidad queda asegurada.

Cuando la partícula de arcilla se encuentra en un medio ácido tiende a ceder parte de sus oxhidrilos para neutralizar y su lugar es ocupado por el anión responsable de la acidez, mientras que en un medio alcalino, cede sus protones a cambio de la base.

Solo en los medios neutros permanecerá inactiva, pero en esas circunstancias se encontrará floculada. La acidez o alcalinidad desde el punto de vista de un coloide no coincide con el concepto absoluto atribuido a las mismas sino a su propio concepto que corresponde con su punto isoeléctrico o valor de pH al que el coloide flocula. Así la referencia de acidez o basicidad hemos de referirla al punto isoeléctrico de cada mineral cuando se encuentra en forma coloidal. Este valor depende de la especie y se sitúa entre 5 y 6 para la mayoría de ellos. Para valores más ácidos la arcilla se comporta como intercambiadora de aniones y para valores más básicos lo hace de cationes razón por la cual a estas cargas se las conoce como "cargas variables", en contraposición con las fijas a que antes hicimos mención.

La materia orgánica se comporta de una forma semejante a los bordes de la arcilla por los hidroxilos presentes tanto en sus cadenas laterales como en las zonas externas del núcleo.

Como quiera que el número de hidroxilos de la materia orgánica es mucho mayor que los efectos de borde de la arcilla, la importancia de las cargas variables en las sustancias húmicas es mayor que en la arcilla. Algo similar sucede en los minerales de baja cristalinidad, como ocurre con las alófanos derivadas de las cenizas volcánicas en que existe una gran accesibilidad a las zonas internas de su estructura; en este caso la práctica totalidad de sus cargas son variables.

El importante número de cargas variables de la materia orgánica se pone de manifiesto cuando se determina su capacidad de intercambio catiónico a diversos valores de pH, no solo se produce un notable incremento con el ascenso de pH, sino que para de pH cercanos a uno su capacidad se anula. En el caso de la arcilla solo se produce un ligero incremento y la ordenada en el origen de la recta de regresión que relaciona la CIC con el pH, presenta un valor de CIC muy cercano al máximo encontrado.

En los horizontes superiores se producen notables ascensos cuando el pH supera valores cercanos a 6, mientras que en los inferiores la curva muestra una forma prácticamente horizontal. Los primeros horizontes están sometidos a un fuerte influjo de la materia orgánica mientras que los horizontes inferiores son eminentemente minerales.

Usualmente la CIC se determina usando una solución taponada a pH de 7, lo que significa que en los suelos ácidos se obtengan valores, en los horizontes más ricos en materia orgánica, superiores a los que realmente presenta el suelo, mientras que en los suelos alcalinos sucede todo lo contrario.

Las cargas variables son las responsables de la retención de aniones tanto en la arcilla como en las sustancias húmicas. Los aniones, por su mayor tamaño tienen una movilidad menor que los cationes, lo que resulta de especial importancia en el caso de que acrecienta el efecto por el hecho de su escasa solubilidad, de modo que en este caso cabe más hablar de fijación que de intercambio. Los suelos ácidos y ricos en materia orgánica pueden retener tal cantidad de fosfato que provoquen carencias en la vegetación aun con concentraciones elevadas de fosfato total. Algo semejante sucede en los suelos ácidos y ricos en alofana, como es el caso de áreas volcánicas muy lluviosas o con materiales preferentemente ácidos, que además son los más proclives a la formación de estos minerales dado su elevado contenido en silicio.

La importancia de los componentes del suelo en lo referente a la CIC varía con sus propias características. La caolinita, que carece de sustituciones presenta un valor comprendido entre 7 y 10 cmol(c)/kg. La illita presenta sustituciones pero son compensadas por potasio que cierra fuertemente la estructura por lo que suele presentar valores bajos que no suelen superar los 25 cmol(c)/Kg. y algo similar ocurre en las cloritas, si bien la segunda capa octaédrica les da una superficie de borde superior y le permite alcanzar valores cercanos a los 40 cmol(c)/Kg. Los minerales abiertos superan ampliamente estos valores, de modo que las esmectitas pueden alcanzar valores de 100 cmol(c)/Kg. y las verniculitas por su mayor hidratación es frecuente que superen los 140

cmol(c)/Kg. y pueden llegar a los 160 cmol(c)/kg. Las alofanas varían mucho con el pH pero, en condiciones favorables, pueden alcanzar los 150 cmol(c)/Kg.

La materia orgánica además de su riqueza en cargas variables, presenta muy diferentes formas de evolución y de tamaño de su núcleo; por todo ello los valores oscilan entre los 100 y los 400 cmol(c)/Kg., correspondiendo los valores más altos a las formas más polimerizadas, presentes en los humus más evolucionados. Como vemos su importancia es muy grande, pero en el suelo decrece notablemente por razón de su bajo contenido, siendo más importante la arcilla por su mayor concentración

En un principio podría calcularse el valor de la CIC en función del contenido y calidad de la arcilla y de la materia orgánica, si bien el valor medido es siempre inferior al calculado.

La razón de esta discrepancia está en la formación de complejos arcillo húmicos, que al requerir un ligando catiónico elimina algunas posiciones de cambio, aunque más importante es el efecto estérico, pues las moléculas orgánicas situadas alrededor de la arcilla impiden la accesibilidad a posibles posiciones de cambio de ambas.

Dada la importancia de esta característica del suelo en lo referente a la nutrición vegetal, es conveniente establecer los niveles mínimos necesarios para asegurar la corrección de ésta.

Mas no solo interesa su valor total sino el tipo de bases que saturan esas posiciones de cambio, que deben presentar un equilibrio adecuado para satisfacer las necesidades de las plantas y la correcta estructura del suelo, que viene influida por a presencia de determinados cationes sobre todo el calcio por su carácter floculante y el sodio por su efecto contrario.

Un valor de CIC superior a 25 cmol(c)/Kg. asegura una buena retención catiónica, aunque valores superiores a 20 cmol(c)/Kg. resultan aceptables.

Los valores inferiores a 10 cmol(c)/Kg. son francamente insuficientes y el lavado de bases procedentes de la alteración será muy alto.

Las bases más frecuente en el complejo de cambio son Na, K, Ca y Mg. En ínfimas concentraciones pueden aparecer otros, destacando entre los minoritarios el amonio por su importancia en la nutrición vegetal. En suelos ácidos puede aparecer como componente, incluso mayoritario, el aluminio en cualquiera de sus formas de hidratación. Los hidrogeniones son los encargados de ocupar las posiciones que quedan libres por ausencia de bases, de ahí que exista una gran relación entre el valor del pH y el “grado de saturación”, entendiendo por tal al porcentaje de la CIC que está ocupado por as bases mayoritarias y citadas al principio.

La base más abundante es el Ca, cuya presencia debe superar los 30 cmol(c)/Kg. cuando ello es posible, si bien un contenido por encima de 20 cmol(c)/Kg. ya es aceptable, aunque no debería estar nunca por debajo de 3.5 cmol(c)/kg.

Le sigue en abundancia el Mg, cuyo contenido óptimo estaría por encima de 75cmol(c)/Kg., pero todo va bien cuando supera los 5 cmol(c)/Kg. El valor crítico se sitúa en 06 cmol(c)/kg.

El sodio no tiene un papel claro en la nutrición vegetal y por ello no resulta imprescindible, si bien es el tercero en abundancia. En este caso en lugar de fijar un valor mínimo lo importante es que no se supere un valor máximo que podemos situar como óptimo en 1 cmol(c)/Kg., aunque es aceptable que no se superen los 2 cmol(c)/kg.

Existe un grave riesgo de exceso cuando se supera el valor de 4 cmol(c)/kg.

Por último tenemos al minoritario potasio cuyo contenido óptimo es cuando supera el valor de 1 cmol(c)/kg. Resultan aceptables los valores que superan los 075 cmol(c)/Kg. y nunca debería ser inferior a 025 cmol(c)/kg.

A efectos estructurales los valores ideales serían aquellos en que el calcio no baje del 70% del total y el sodio no supere un 5 %.

Aunque considerados independientemente, los valores anteriores son los establecidos como promedio de la observación de numerosos casos, es muy importante la relación que existe entre ellos para evitar los problemas de antagonismo y de energía que se producen en su absorción por parte de las plantas. El más frecuente es el antagonismo existente entre K y Mg, de modo que un desequilibrio en favor de alguno de ellos, deprime la absorción del otro aunque sus niveles sean correctos

El grado de saturación, como vimos, es un indicativo del valor del pH del suelo, pues todo lo no ocupado por bases lo está por hidrogeniones. Valores superiores al 80 Wc son aceptables, si bien lo deseable es el 100 % Cuando baja del 20 %, no solo existe una acidificación clara sino que es posible que exista aluminio en las posiciones de cambio, elemento que resulta tóxico para la mayoría de las especies vegetales salvo para aquellas que son fuertemente acidófilas.

PROPIEDADES MECANICAS

Son aquellas que expresan el comportamiento de los metales frente a esfuerzos o cargas que tienden a alterar su forma.

Resistencia:

Capacidad de soportar una carga externa si el metal debe soportarla sin romperse se denomina carga de rotura y puede producirse por tracción, por compresión, por torsión o por cizallamiento, habrá una resistencia a la rotura (Kg./mm^2) para cada uno de estos esfuerzos.

Dureza:

Propiedad que expresa el grado de deformación permanente que sufre un metal bajo la acción directa de una carga determinada. Los ensayos más importantes para designar la

dureza de los metales, son los de penetración, en que se aplica un penetrador (de bola, cono o diamante) sobre la superficie del metal, con una presión y un tiempo determinados, a fin de dejar una huella que depende de la dureza del metal, los métodos más utilizados son los de Brinell, Rockwell y Vickers.

Elasticidad:

Capacidad de un material elástico para recobrar su forma al cesar la carga que lo ha deformado. Se llama límite elástico a la carga máxima que puede soportar un metal sin sufrir una deformación permanente. Su determinación tiene gran importancia en el diseño de toda clase de elementos mecánicos, ya que se debe tener en cuenta que las piezas deben trabajar siempre por debajo del límite elástico, se expresa en Kg./mm².

Plasticidad:

Capacidad de deformación permanente de un metal sin que llegue a romperse.

Tenacidad:

Resistencia a la rotura por esfuerzos de impacto que deforman el metal. La tenacidad requiere la existencia de resistencia y plasticidad.

Fragilidad:

Propiedad que expresa falta de plasticidad, y por tanto, de tenacidad. Los materiales frágiles se rompen en el límite elástico, es decir su rotura se produce espontáneamente al rebasar la carga correspondiente al límite elástico.

Resiliencia:

Resistencia de un metal a su rotura por choque, se determina en el ensayo Charpy.

Fluencia:

Propiedad de algunos metales de deformarse lenta y espontáneamente bajo la acción de su propio peso o de cargas muy pequeñas. Esta deformación lenta se denomina también creep.

Fatiga:

Si se somete una pieza a la acción de cargas periódicas (alternativas o intermitentes), se puede llegar a producir su rotura con cargas menores a las que producirían deformaciones.

PROPIEDADES TECNOLÓGICAS.

Determina la capacidad de un metal a ser conformado en piezas o partes útiles o aprovechables.

Ductilidad:

Es la capacidad del metal para dejarse deformar o trabajar en frío; aumenta con la tenacidad y disminuye al aumentar la dureza. Los metales más dúctiles son el oro, plata, cobre, hierro, plomo y aluminio.

Fusibilidad:

Es la propiedad que permite obtener piezas fundidas o coladas.

Colabilidad:

Es la capacidad de un metal fundido para producir piezas fundidas completas y sin defectos. Para que un metal sea colable debe poseer gran fluidez para poder llenar completamente el molde. Los metales más fusibles y colables son la fundición de hierro, de bronce, de latón y de aleaciones ligeras.

Soldabilidad:

Es la aptitud de un metal para soldarse con otro idéntico bajo presión ejercida sobre ambos en caliente.

Poseen esta propiedad los aceros de bajo contenido de carbono

Endurecimiento por el temple:

Es la propiedad del metal de sufrir transformaciones en su estructura cristalina como resultado del calentamiento y enfriamiento sucesivo y por ende de sus propiedades mecánicas y tecnológicas. Los aceros se templean fácilmente debido a la formación de una estructura cristalina característica denominada martensita.

Facilidad de mecanizado:

Es la propiedad de un metal de dejarse mecanizar con arranque de viruta, mediante una herramienta cortante apropiada. Son muy mecanizables la fundición gris y el bronce, con virutas cortadas en forma de escamas. El acero dulce y las aleaciones ligeras de alta tenacidad, producen virutas largas.

CAPITULO 3
TRATAMIENTOS TERMICOS Y PRUEBAS METALOGRAFICAS

RECOCIDO PARA ELIMINAR TENSIONES

El recocido de los aceros es un tipo de tratamiento térmico, que consiste en el calentamiento del metal hasta una determinada temperatura, permanencia a esta temperatura, y posterior enfriamiento lento. El fin del recocido de los aceros es la obtención de la estructura equilibrada, la eliminación de las tensiones residuales y, en relación con esto, la elevación de las propiedades mecánicas y tecnológicas. Existen diferentes tipos de recocido:

- a) completo
- b) incompleto
- c) isotérmico
- d) recocido para obtener perlita globular
- e) de difusión
- d) de recristalización.

Recocido completo (recocido supercrítico) de los aceros. Se aplica corrientemente a los aceros hipoeutectoides y consiste en el calentamiento del acero mas arriba del punto Ac3, o sea, 30-50° más alto que la línea GS, permanecía a esta temperatura 1/4 parte del tiempo de calentamiento y enfriamiento lento hasta 500-400°C. Los aceros al carbono se enfrían a la velocidad de 100-200°C por hora, los de aleación a 50-60°C por hora, el posterior enfriamiento puede hacerse al aire. Durante el recocido completo se verifica la recristalización fásica, y del acero de grano grueso se obtiene el de grano tino.

Las normas aproximadas del tiempo de calentamiento para bloques cilíndricos, incluyendo también el tiempo de permanencia, son las siguientes:

En el horno a la temperatura 600°C. 100 seg. cada milímetro de diámetro
En el horno ídem 800°C. 50 seg. Cada milímetro de diámetro
En el baño de sales ídem 800°C 25 seg. cada milímetro de diámetro
En el baño de plomo ídem 800°C 10 seg. cada milímetro de diámetro_

Al calentar lingotes de sección cuadrada el tiempo indicado ha de ser aumentado en 1,5 veces y al calentar planchas, en 2 veces.

Recocido incompleto (recocido subcritico); consiste en el calentamiento del acero más arriba del punto Ac_1 , pero inferior al Ac_3 , permanencia y enfriamiento iguales que durante el recocido completo. Este tipo de recocido se aplica para eliminar las tensiones en lugar del recocido completo con objeto de reducir los gastos de recocido, así como para mejorar en algunos casos la maquinabilidad de los aceros.

Recocido isotérmico. En el recocido isotérmico el acero se calienta del mismo modo que en el recocido completo hasta la temperatura $GSK + (30-50^\circ)$, permanece a esta temperatura, se enfría relativamente rápido hasta una temperatura inferior a Ar_1 ($630-700^\circ C$), se pertenece a esta temperatura hasta que se descomponga, por completo la austenita, y luego se enfría al aire. El recocido isotérmico permite reducir el ciclo de recocido casi en dos veces en comparación con el ciclo corriente.

Recocido para obtener perlita globular: se aplica para los aceros eutectoides e hipereutectoides; el acero se calienta un poco más arriba del punto Ac_1 , permaneciendo mucho tiempo a esta temperatura, y luego se enfría lentamente más abajo de Ar_1 después de una permanencia a esta temperatura a ser vuelve a calentar hasta una temperatura superior a Ac_1 , permaneciendo bastante tiempo; por ultimo se enfría con lentitud hasta una temperatura inferior a Ar_1 y luego se enfría al aire. Debido a las manipulaciones indicadas los carburos adquieren una forma de glóbulos (forma esférica). La finalidad de este recocido es la de reducir la dureza y mejorar la maquinabilidad del acero.

Recocido de difusión (homogenización); se aplica para destruir la heterogeneidad química del acero que contiene una segregación intracristalina. El acero se calienta hasta $1000 - 1150^\circ C$ y permanece a esta temperatura durante 8-15 horas. El recocido de difusión conduce a una estructura de grano grueso, este defecto se elimina por el recocido reiterado para obtener el grano fino (recocido completo).

Recocido de recristalización; se aplica a los metales que han pasado, en frío, el laminado, estirado y estampado. En este caso el metal se calienta hasta una temperatura inferior a la de transformación de fase, pero superior a la recristalización. Según A. Bochvar, la temperatura $T_{recrist-abs} = 0.4 T_{ai}$, de fusión del metal (para el hierro ésta constituye aproximadamente $450^\circ C$; para el cobre, $270^\circ C$; para el aluminio, $150^\circ C$).

Debido a este recocido se elimina el endurecimiento del metal, se rebaja la dureza y resistencia mecánica, pero se elevan los factores de plasticidad: ductibilidad y resiliencia.

TRATAMIENTOS Y RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES

PRINCIPALES TRATAMIENTOS Y RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES				
TRATAMIENTO O RECUBRIMIENTO	BASE DE APLICACION	ESPESOR	DUREZA APROX.	CARACTERISTICAS
TEMPLE SUPERFICIAL	Aceros Templables	0.3 a 6 mm	50 a 60 DR _C	– Dureza superficial y resiliencia en el núcleo
CEMENTACION	Aceros con < 0.20 C	0.1 a 6 mm	62 DR _C	– Dureza superficial y resiliencia en el núcleo – Proceso lento
NITRURACION	Aceros aleados con aluminio Aceros rápidos	0.1 a 0.8 mm	62 DR _C	– Buena resistencia al desgaste – Buena resistencia a la corrosión
SULFINIZACION	Metales ferrosos	0.2 mm	–	– Buena resistencia al desgaste – Mejora cualidades frotantes
ANODIZADO	Aluminio y aleaciones	5 μ a 10 μ	–	– Resistencia a la corrosión – la capa de alumina puede recibir una coloración
CADMINIZADO	Metales ferrosos, cobre y aleaciones	2 μ a 30 μ	25 DV	– Resistencia a la corrosión, que se puede aumentar con pasivación en ácido crómico
CROMO ORNAMENTAL	Metales ferrosos cobre y aleaciones	5 μ a 50 μ	–	– Resistencia a la corrosión – deposición normal: 10 μ de níquel y 5 μ de cromo
CROMO DURO	Alumino y aleaciones	50 μ a 500 μ	500 a 800 DV	– Excelente resistencia al desgaste y a la corrosión espesor normal 50 μ
NIQUELADO	Zinc y aleaciones	2 μ a 30 μ	200 a 800 DV	– Resistencia al desgaste y a la corrosión
FOSFATADO	Metales ferrosos	20 μ	–	– Base para aplicación de pintura y barnices – Resistencia a la corrosión
GALVANIZADO (ZINCADO)	Metales ferrosos	5 μ a 30 μ	–	– Resistencia a la corrosión – Aspecto brillante

RECOCIDO PARA REDUCIR LA DUREZA

El recocido minimiza los defectos internos en la estructura atómica del material y elimina posibles tensiones internas provocadas en las etapas anteriores de su procesado.

Los metales ferrosos y el vidrio se recuecen calentándolos a alta temperatura y enfriándolos lentamente; en cambio, la mejor forma de recocer el cobre y la plata es calentados y enfriarlos enseguida sumergiéndolos en agua. Cuando el volumen de metal o vidrio es grande suele enfriarse dentro del horno de calentamiento; las láminas suelen recocerse en

un horno de proceso continuo. El material a recocer se traslada sobre un tablero móvil a través de una cámara de gran longitud con un gradiente (diferencia gradual) de temperaturas cuidadosamente fijado, desde un valor inicial justo por debajo del punto de ablandado hasta la temperatura ambiente en el extremo final.

También existen diferentes tipos de tratamientos térmicos de recocido aplicados a los aceros. El recocido de regeneración se utiliza para los aceros que presentan efectos de fatiga debido al trabajo que realizan determinadas piezas en el conjunto de las máquinas; este recocido tiene por objeto afinar el grano de las piezas de acero sobrecalentado. El recocido contra acritud se aplica a los aceros que han sido deformados en frío; mediante este tratamiento se recupera parte de las propiedades iniciales. El recocido globular se aplica a los aceros para facilitar su mecanizado. El recocido de estabilización tiene por objeto eliminar las tensiones internas de las piezas forjadas o trabajadas en frío, y el recocido de ablandamiento se emplea cuando hay que mecanizar piezas templadas.

TEMPLE DE PIEZAS DE FUNDICIÓN GRIS

Proceso de baja temperatura en el tratamiento térmico del acero con el que se obtiene el equilibrio deseado entre la dureza y la tenacidad del producto terminado.

El equilibrio adecuado entre dureza y tenacidad se logra controlando la temperatura a la que se recalienta el acero y la duración del calentamiento. La temperatura se determina con un instrumento conocido como pirómetro; en el pasado se hacía observando el color de la capa de óxido que se formaba sobre el metal durante el calentamiento.

Existen varios tipos de temple, clasificados en función del resultado que se quiera obtener y en función de la propiedad que presentan casi todos los aceros llamada templabilidad (capacidad a la penetración del temple), que a su vez depende, fundamentalmente, del diámetro o espesor de la pieza y de la calidad del acero.

El término temple también se utiliza para describir un proceso de trabajo en frío que aumenta la dureza del metal, sobre todo en el caso de aceros con bajo contenido en carbono y de metales no ferrosos.

El objetivo del temple es el de obtener una alta dureza o solidez en la pieza. Al templar la austenita obtenida a consecuencia del calentamiento del acero hasta la temperatura de temple, se sobre enfría hasta la temperatura necesaria y se transforma en martensita, trostita o sorbita.

En este caso, el calentamiento del acero se efectúa lo mismo que durante el recocido: de acuerdo con un régimen dado.

Medios de enfriamiento para el temple. Es deseable que el medio de enfriamiento para el temple enfríe con rapidez en la zona de temperaturas donde la austenita tiene poca estabilidad (600-550°C) y con lentitud en la zona de temperaturas de la transformación martensítica (300-200°) para que no se originen tensiones.

Para templear las piezas hechas de acero al carbono, con alta velocidad crítica de temple, se utiliza corrientemente el agua. El agua, al enfriar intensamente la pieza en la zona de temperaturas de 550-600°C, continua enfriando eficazmente también en la zona de transformación martensítica (200-300°C), lo que es uno de los inconvenientes del agua.

La peculiaridad positiva del aceite, como medio de enfriamiento, consiste en que es casi insensible al cambio de temperaturas: el aceite templea del mismo modo a los 20°C que a los 150-200°C.

Procedimientos de temple. En la práctica se aplican varios procedimientos de temple, según la composición del acero, la forma de la pieza y la dureza que se necesita.

Con relación a la temperatura de calentamiento, el temple se divide en completo e incompleto.

El temple completo se aplica para obtener, con el calentamiento del acero por encima de GSE, el estado monofásico, de austenita, y transformarla luego en estructura de martensita.

El temple incompleto se obtiene al calentar el acero por encima de la línea PSK, pero inferior a la línea GSE. Como consecuencia del enfriamiento a la velocidad crítica de temple, en los aceros hipoeutectoides se obtiene la estructura de ferrita y martensita; en los aceros hipereutectoides, la de martensita con inclusiones de la cementita secundaria.

Para las piezas hechas de aceros hipoeutectoides hay que aplicar el temple completo con el fin de evitar que se formen inclusiones ferríticas. Por el contrario, para las herramientas hechas de aceros hipereutectoides es conveniente aplicar el temple incompleto: la presencia de las inclusiones de cementita secundaria en la martensita no reduce sino que eleva la dureza de la herramienta templada, mientras que el temple completo un sobre calentamiento de la austenita, lo que disminuye la dureza, debido a que se disuelve la cementita secundaria y crece el grano de austenita, apareciendo la austenita residual en la herramienta templada.

Según las condiciones de enfriamiento, el temple puede ser:

- 1) En un solo medio de enfriamiento
- 2) Interrumpido
- 3) Por etapas
- 4) Isotérmico.

1.- El temple en un solo medio de enfriamiento.- es el procesamiento más extendido y simple; a pieza calentada hasta la temperatura de temple se sumerge en el medio de enfriamiento (el acero al carbono en agua, el acero aleado en aceite), en el cual se mantiene hasta que se enfríe totalmente. Este procedimiento es simple pero puede crear tensiones internas considerables.

2.- El temple interrumpido.- temple en dos medios, se aplica con el fin de evitar que aparezcan tensiones internas en la pieza. La pieza calentada hasta la temperatura necesaria, primero se enfría rápidamente en agua hasta 350-300°C, luego se traslada al aceite o al aire

para enfriarla con lentitud en la zona de temperatura martensítica. Uno de los inconvenientes de este procedimiento es la dificultad de regular el tiempo de permanencia en el agua.

3.- El temple por etapas.- Elimina el inconveniente indicado, la pieza calentada se enfría rápidamente introduciéndola en un baño de sales con temperatura un poco más alta que la temperatura del inicio de la transformación de la martensita del acero dado, permaneciendo a esta temperatura hasta que ésta se iguale a lo largo de toda la sección de la pieza y luego se enfría al aire.

En el temple por etapas, como medio de enfriamiento se utilizan mezclas de sales fácilmente fusibles, por ejemplo, la mezcla de 55% de KNO_3 y 45% de NaNO_2 con punto de fusión de 137°C . Este procedimiento se puede aplicar sólo para templar piezas pequeñas de acero al carbono, ya la velocidad de enfriamiento de las piezas grandes puede encontrarse en la zona donde la austenita tiene poca estabilidad ($500\text{-}600^\circ\text{C}$), inferior a la crítica.

4.- El temple isotérmico.- permite conseguir estructuras de tipo perlítico (sorbita, trostita), por medio del enfriamiento de la pieza calentada hasta la temperatura de temple en un baño de sales con temperatura dada, permaneciendo en él hasta que termine la transformación de la austenita. La duración de permanencia en el medio de enfriamiento se determina según el diagrama de descomposición isotérmica de la austenita para el acero dado. Es muy conveniente el temple isotérmico para obtener piezas con estructura de trostita acicular y dureza $\text{HRC} = 45\text{-}55$, puesto que, en este caso, se obtiene bastante plasticidad. Sin embargo, se puede templar isotérmicamente las piezas hechas de acero al carbono o acero de aleación baja solamente de sección pequeña (8-10 mm), ya que debido a la poca estabilidad de la austenita en los aceros con secciones grandes, es imposible sobre enfriar el núcleo de la pieza en el medio caliente hasta las temperaturas bajas.

TEMPLE SUPERFICIAL

En la construcción de maquinaria se aplica en gran escala el temple superficial, con el fin de construir la estructura martensítica en la capa superficial, conservando el núcleo blando (árboles, ruedas dentadas). Esto se consigue por medio de un calentamiento de capa superficial de la pieza hasta la temperatura del temple y su posterior enfriamiento.

Según el método de calentamiento se puede diferenciar los siguientes tipos de temple superficial:

- 1.- Temple por calentamiento de llama por soplete.
- 2.- Temple por calentamiento eléctrico de contacto.
- 3.- Temple por inducción.
- 4.- Temple en el electrolito.

TEMPLE POR CALENTAMIENTO CON LA LLAMA DEL SOPLETE DE GAS.

La capa superficial de la pieza se calienta con la llama de un soplete de oxiacetileno hasta la temperatura del temple y se enfría con un chorro de agua.

TEMPLE POR CALENTAMIENTO ELECTRICO DE CONTACTO SEGÚN EL METODO DEL PROFESOR N. GUEVELING.

La capa superficial de la pieza se calienta con corrientes de baja tensión (2-6 de alta densidad, realizando el contacto a través del metal que se calienta con ayuda de electrodos de cobre. La capa caliente se enfría con chorro de agua o aceite.

Ambos métodos de temple superficial tienen una aplicación limitada debido a su poco rendimiento y a que existe un método de calentamiento más perfecto: empleando corrientes de alta frecuencia.

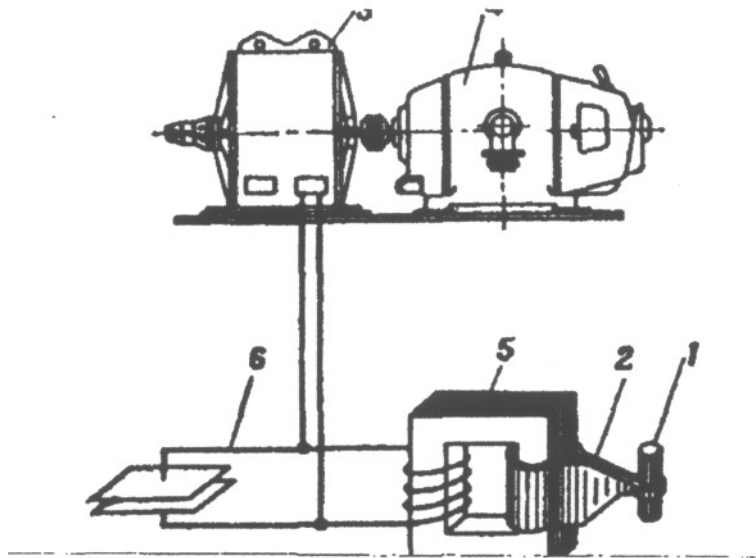
TEMPLE SUPERFICIAL POR INDUCCIÓN.

Este método, elaborado y propuesto por el profesor V. VOLOGOIN (1934), es uno de los métodos avanzados y efectivos de tratamiento térmico para el temple superficial y permite tener la capa templada de cualquier profundidad, regulando la frecuencia según la fórmula:

$$\delta = \frac{500mm}{f}$$

Donde δ es la profundidad de calentamiento y f la frecuencia en Hz.

En este método de temple es de alto rendimiento y da la posibilidad de automatizar completamente el proceso de temple Fig. La pieza 1 se coloca en el inductor, 2 alimentador con corriente de motor generador, 3 que se pone en movimiento por el motor eléctrico 4 a través del transformador, 5 los condensadores, 6 tiene como método mejora el funcionamiento del generador. En la pieza 1, colocada dentro del inductor 2, surgen corrientes de inducción de alta frecuencia y densidad en la capa superficial la cual se calienta con rapidez hasta la temperatura del temple; enfriándola después con un chorro de agua, se forma en la pieza la estructura martensita.



Para lograr la profundidad requerida de la capa templada se emplean generadores de alta frecuencia de distinto tipo.

Tipos de generadores de alta frecuencia.

Zona de frecuencias	Potencia en KW	Profundidad de temple en mm.
Motor-generador 500 – 1000	20 – 500	De 2
Generador de chispas 5000 – 500000	5 – 35	1
Generador eléctrico 100000 - 100000000	5 - 1000	Décimas de mm.

Los para metros fundamentales que determinan la estructura de la capa templada son la temperatura y la velocidad de calentamiento.

TEMPLADO POR CALENTAMIENTO DE METAL EN EL ELECTROLITO.

El proceso consiste en lo siguiente: la pieza que sirve como cátodo se sumerge en el electrolito (solución acuosa de sosa) y de ánodo sirve el mismo baño.

Al cerrar el circuito de corriente continua alrededor del cátodo (pieza) se forma una camisa de hidrógeno con una alta resistencia eléctrica lo que contribuye a una alta temperatura y un calentamiento rápido de la capa superficial del metal. a pieza calentada se enfría (se temple) en l mismo electrolito al desconectar la corriente. Para calentar la pieza se aplica una corriente continua con tensión de 220 a 300 y densidad de 4 a 6 A por centímetro cuadrado de la superficie de calentamiento.

REVENIDO DE ACERO TEMPLADO.

El revenido es la operación final del tratamiento térmico; del método de realizado dependen las propiedades de la pieza térmicamente tratadas. Los factores fundamentales del revenido de los caeros son:

Temperatura de calentamiento y la duración de permanecía a esta temperatura. El objetivo del revenido consiste en eliminar parcial o completamente las tensiones internas, reducir la dureza y elevar la resiliencia.

Se someten al revenido las piezas templadas con estructuras de martensita tetragonal y austenita residual. Ambas estructura son inestables y tienden a calentarse por calentamiento en estados mas estables con cambio de volumen, puesto que, los volúmenes de las estructura son diferentes y están situados en orden del aumento de sus volúmenes específicos de la manera siguiente:

Austenita < perlíta < sorbita < trostita < martensita, o sea, la austenita tiene el volumen específico mínimo, y la martensita, el volumen máximo entre la estructura de las aleaciones del hierro - carbono y al descomponerse la austenita tiene lugar el aumento del volumen (longitud).

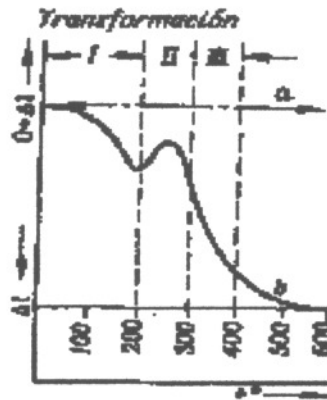


FIG. B2. Curva dilatométrica del revenido del acero al carbono.

En la figura B2 se presenta una curva dilatométrica que muestra el cambio de longitud de la probeta durante el revenido del acero templado.

En la Fig. 83 están representadas las curvas que caracterizan el cambio de carbono en la mertensita en relación con la temperatura del revenido de los aceros con distintas proporciones de carbono. Cuando no hay transformaciones estructurales durante el calentamiento el acero recocido (Fig, B2) da una línea horizontal; en el revenido del acero templado se observan tres transformaciones (Fig. B2).

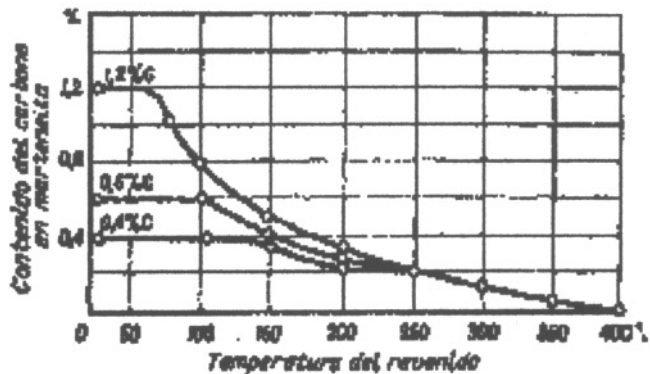


FIG. B3. Contenido de carbono en la solución de martensita en función de la tem. del revenido

I.- Transformación: durante el revenido hasta 200° C tiene lugar una reducción de la longitud de la probeta provocada por la disminución de la forma tetragonal de a red de martensita esto es la causa de una precipitación del carbono apartir de la martensita Fe α (C); consecuencia de la primera transformación la martensita templada se convierte en martensita revenida;

II.- Transformación: durante el revenido de 200° a 300 C aumenta el volumen (longitud) de la pieza (Fig. B2 curva b) lo que esta relacionado con la transformación de la austenita residual en martensita revenida.

III.- Transformación el revenido de 300 a 400° C conduce a una reducción de longitud (Fig. B2 curva b) lo que obedece a la descomposición de la martensita en una mezcla de ferrita y cementita. El contenido de carbono en la ferrita es igual a cero (Fig.B3). la estructura que se obtiene se le denomina trostita revenida.

La subsiguiente elevación de la temperatura del revenido contribuye al aumento de la fase de cementita y a la formación, a 500° - 550 C de la sorvita revenida con huellas de trostita y a 550° - 600° C de la sorvita revenida.

En la Fig. B4 están representadas las curvas que caracterizan el cambio de las propiedades mecánicas del acero al carbón templado del tipo 40, en relación con la temperatura del revenido.

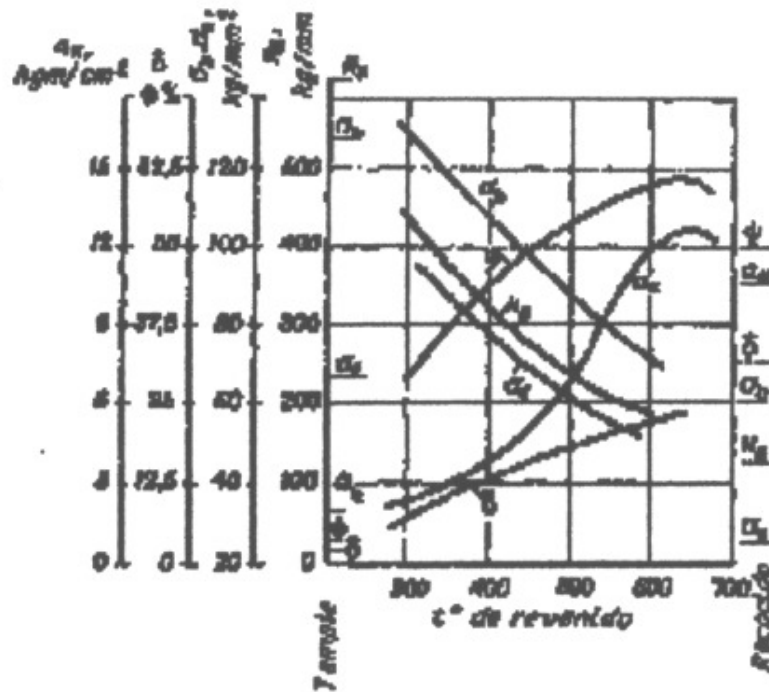


FIG. B4.

Durante el revenido hasta 300 °C, la resistencia a la rotura y el límite elástico (σ_b y σ_e), en comparación al estado de temple, se elevan, y la dureza Brinell HB desciende. Al elevar la temperatura del revenido a más de 300 °C tiene lugar una disminución del valor de los factores indicados y la elevación de la plasticidad (δ y ϕ) y de resiliencia (ak) en comparación con las propiedades que existían después del temple (trazos en la ordenada de la izquierda del diagrama).

Después del revenido a altas temperaturas (550°C - 600 °C) el acero tiene unos valores más altos de resistencia a la rotura y del límite elástico (σ_b y σ_e), de plasticidad (ϕ) y la resiliencia (ak) que los que tenía después del recocido (trazos en la ordenada de la derecha del diagrama).

TRATAMIENTO TERMICO DE LA FUNDICION GRIS.

Las fundiciones grises aleadas, modificadas y de alta resistencia lo mismo que los aceros se someten a los siguientes tipos de tratamiento térmico.

1.- Recocido para eliminar las tensiones internas en piezas moldeadas de forma complicada de fundición gris. Se calienta lentamente (75° - 100° /h.) hasta los 500° - 550° C, permanencia a esta temperatura durante 2 - 5 horas y luego enfriamiento lento dentro del horno (50° - 60° /h.) hasta los 200°C. Este tipo de recocido se sustituye por permanencia larga al aire (hasta un año) de las piezas colocadas en el almacén proceso que suele

denominarse envejecimiento natural. Pero en este caso las tensiones se eliminan solo parcialmente (20 - 30 %).

2.- Recocido para reducción de dureza y mejorar la maquinabilidad de las fundiciones grises. Este recocido se realiza calentándolas hasta 850°- 900° C durante 2 horas, lo que origina la grafitación de la cementita libre según la fórmula $Fe_3C = 3Fe + C$.

3.- Normalizado de las fundiciones grises. Se realiza calentándolas hasta 850° - 870° C con el objeto de elevar el contenido de carbono ligado, a expensas de la disolución de una parte libre de carbono en la austenita, y por enfriamiento al aire para lograr la estructura de sorbita.

4.- Temple de las piezas de fundición gris. Para obtener en los distintos tipos de fundición gris la estructura de martensita, trostita y sorbita, el temple se realiza del mismo modo que en los caeros; la temperatura de calentamiento para el temple oscila de 820° - 900°C.

Hay que subrayar particularmente la eficiencia:

a) del temple isotérmico que permite elevar la resistencia mecánica en un 30 - 50 % y la resistencia al desgaste en 3 - 4 veces.

b) del temple superficial por introducción por corrientes de alta frecuencia, de las piezas que sufren rozamiento durante su trabajo.

5.- Revenido después del temple:

a) con baja temperatura a 180°- 250° C para eliminar las tensiones.

b) con alta temperatura a 500° - 600° C para conseguir la sorbita de revenido.

PRUEBAS

Las principales propiedades de los materiales incluyen densidad, presión de vapor, expansión térmica, conductividad térmica, propiedades eléctricas y magnéticas, así como las propiedades de ingeniería.

En los procesos de manufactura son de gran importancia las propiedades de ingeniería, de las que destacan las siguientes:

- Resistencia a la tensión
- Resistencia a la compresión
- Resistencia a la torsión
- Ductilidad
- Prueba al impacto o de durabilidad
- Dureza

Cada una de las propiedades antes señaladas requiere de un análisis específico y detallado, lo que se da en asignaturas como las de ciencia de materiales y resistencia de materiales, A continuación sólo se presentan algunas de sus principales características.

RESISTENCIA A LA TENSION

Se determina por el estirado de los dos extremos de una probeta con dimensiones perfectamente determinadas y con marcas previamente hechas.

Al aplicar fuerza en los dos extremos se mide la deformación relacionándola con la fuerza aplicada hasta que la probeta rebasa su límite de deformación elástica y se deforma permanentemente o se rompe.

Los resultados de las pruebas de resistencia a la tensión se plasman en series de curvas que describen el comportamiento de los materiales al ser estirados.

Varias de las características de ingeniería se proporcionan con relación a la resistencia a la tensión. Así en algunas ocasiones se tienen referencias como las siguientes:

- La resistencia al corte de un material es generalmente el 50% del esfuerzo a la tensión.
- La resistencia a la torsión es alrededor del 75% de la resistencia a la tensión.
- La resistencia a la compresión de materiales relativamente frágiles es de tres o cuatro veces la resistencia a la tensión.

En los siguientes diagramas se muestran algunos de los procedimientos comunes para aplicar las pruebas de resistencia al corte, la compresión, la fatiga o durabilidad, el impacto, la torsión y de dureza.

DUREZA

Por lo regular se obtiene por medio del método denominado resistencia a la penetración! la cual consiste en medir la marca producida por un penetrador con características perfectamente definidas y una carga también definida; entre más profunda es la marca generada por el penetrador de menor dureza es el material.

Existen varias escalas de dureza, estas dependen del tipo de penetradores que se utilizan y las normas que se apliquen. Las principales pruebas de dureza son Rockwell, Brinell y Vickers.

Las dos primeras utilizan penetradores con cargas para generar marcas en los metales a probar, posteriormente se mide la profundidad de las marcas. En algunas publicaciones se considera a la prueba Rockwell como la prueba del sistema inglés y a la Brinell como la del sistema métrico. (Observe las tablas de relación de durezas)

La dureza Vickers se logra por medio de una prueba denominada el métodos Escleroscópico Shore en el que consiste en dejar caer un martinete de diamante de 2,3 g, sobre el material a probar y medir la altura del rebote. A mayor rebote mayor será su dureza.

ENSAYO A LA TRACCIÓN

El ensayo a la tracción es de carácter estático y se utiliza para determinar las características de la resistencia mecánica y plasticidad de los metales y aleaciones.

Se denomina resistencia mecánica a la propiedad de los metales de oponerse a la destrucción bajo la acción de fuerzas externas.

Se denomina elasticidad al propiedad de los metales de recuperar su forma al desaparecer la carga que ha producido su deformación.

Se denomina plasticidad al propiedad de los metales de cambiar su forma y tamaño sin sufrir rotura bajo la acción de fuerzas externas, conservando la deformación sufrida una vez que ha cesado la acción de las fuerzas.

En el ensayo a la tracción se utilizan probetas cilíndricas y planas, de longitud normal y corta. Para obtener los resultados comparables entre si, la forma y tamaño de las probetas están unificados.

El aspecto general de las probetas que se ensayan a la tracción. La parte media de la probeta se llama parte de trabajo, en ésta se marca la longitud calculada, que para las probetas cilíndricas normales es igual a diez diámetros de la probeta, y para las cortas, a cinco diámetros.

Para conocer las cargas que pueden soportar los materiales, se efectúan ensayos para medir su comportamiento en distintas situaciones. El ensayo destructivo más importante es el ensayo de tracción, en donde se coloca una probeta en una máquina de ensayo consistente de das mordazas, una fija y otra móvil.

Se procede a medir la carga mientras se aplica el desplazamiento de la mordaza móvil.

Un esquema de la máquina de ensayo de tracción se muestra en la Figura 7.

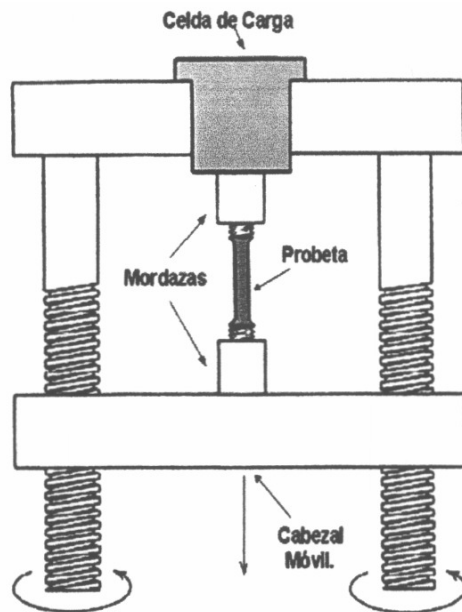


Figura 7 Máquina de Ensayo de Tracción

La máquina de ensayo impone la deformación desplazando el cabezal móvil a una velocidad seleccionable. La celda de carga conectada a la mordaza fija entrega una señal que representa la carga aplicada, las máquinas poseen un plotter que grafica en un eje el desplazamiento y en el otro eje la carga leída.

La Figura 8 muestra el gráfico obtenido en una máquina de ensayo de tracción para un acero.

ENSAYO DE TRACCIÓN

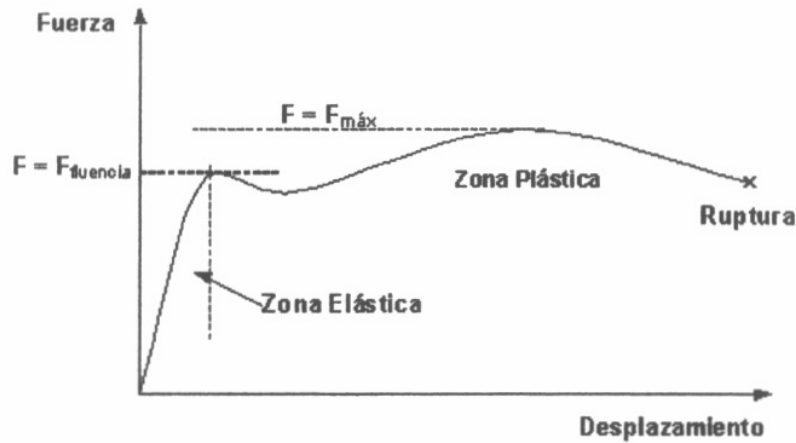


Figura 8
Curva Fuerza-Deformación de un Acero.

Las curvas tienen una primera parte lineal llamada zona elástica, en donde la probeta se comporta como un resorte: si se quita la carga en esa zona, la probeta regresa a su longitud inicial.

Se tiene entonces que en la zona elástica se cumple:

$$F = K (L - L_0)$$

F: fuerza

K: cte del resorte

L: longitud bajo carga

L₀: longitud inicial

Cuando la curva se desvía de la recta inicial, el material alcanza el punto de fluencia, desde aquí el material comienza a adquirir una deformación permanente. A partir de este punto, si se quita la carga la probeta quedaría más larga que al principio. Deja de ser válida nuestra fórmula $F = K (L - L_0)$ y se define que ha comenzado la zona plástica del ensayo de tracción. El valor límite entre la zona elástica y la zona plástica es el punto de fluencia (yield point) y la fuerza que lo produjo la designamos como:

$$F = F_{yp} \text{ (yield point)}$$

Luego de la fluencia sigue una parte inestable, que depende de cada acero, para llegar a un máximo en $F = F_{máx}$ entre $F = F_{yp}$ y $F = F_{máx}$ la probeta se alarga en forma permanente y repartida, a o argo de toda su longitud. En $F = F_{máx}$ la probeta muestra su punto débil, concentrando la deformación en una zona en la cual se forma un cuello.

La deformación se concentra en la zona del cuello, provocando que la carga deje de subir. Al adelgazarse la probeta la carga queda aplicada en menor área, provocando la ruptura.

La figura 9 muestra la forma de la probeta al inicio, al momento de llegar a la carga máxima y luego de la ruptura.

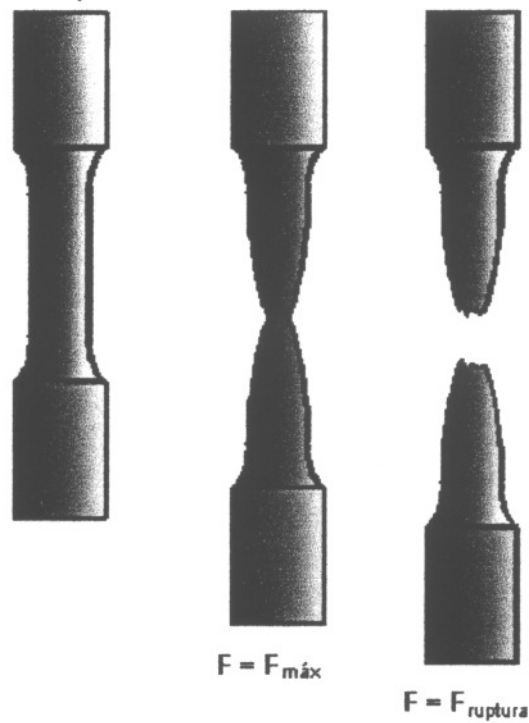


Figura 9

Para expresar la resistencia en términos independientes del tamaño de la probeta, se dividen las cargas por la sección transversal inicial A_0 , obteniéndose:

resistencia a la fluencia:

$$S_{yp} = \frac{F_{yp}}{A_0}$$

Resistencia a la tracción:

$$S_{ult} = \frac{F_{\text{max}}}{A_0}$$

Observaciones:

$$S_{yp} = R_e$$

$$S_{ult} = R_m \text{ (en alguna literatura)}$$

Unidades: Kg./mm^2 o Mpa o Kpsi

Considerando una probeta cilíndrica

La figura 10 ilustra una probeta al inicio del ensayo indicando las medidas iniciales necesarias.

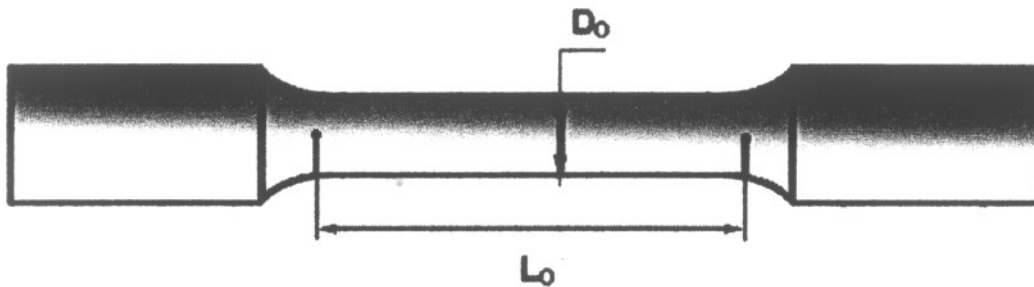


Figura 10

Analizando las probetas después de rotas, es posible medir dos parámetros: El alargamiento final L_f (Figura 11) y el diámetro final D_f , que nos dará el área final A_f .

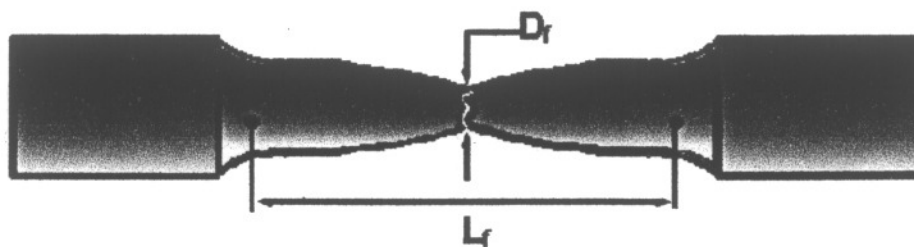


Figura 11

Estos parámetros se expresan como porcentaje de reducción de área $\%R_A$ Y porcentaje de alargamiento entre marcas $\%DL$:

$$\%R_A = \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100\% \quad DL = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100$$

Ambos parámetros son las medidas normalizadas que definen la ductilidad del material, que es la capacidad para fluir, es decir, la capacidad para alcanzar grandes deformaciones sin romperse. La fragilidad se define como la negación de la ductilidad.

Un material poco dúctil es frágil. La Figura 12 permite visualizar estos dos conceptos gráficamente.

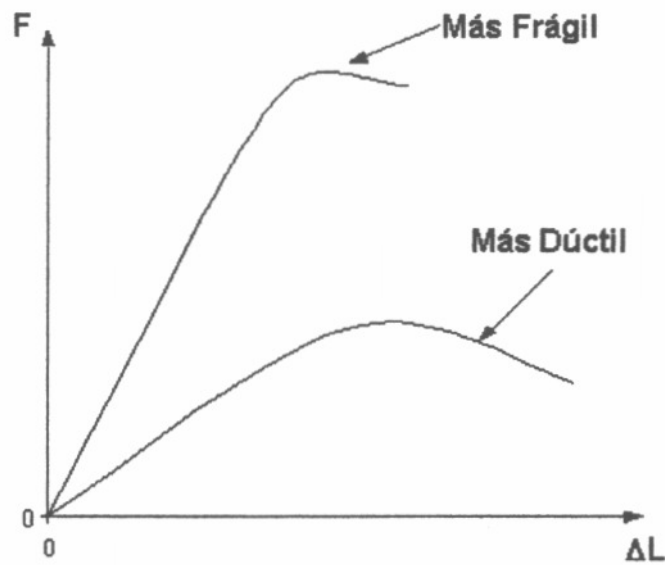


Figura 12

El área bajo la curva fuerza - desplazamiento (F versus ΔL) representa la energía disipada durante el ensayo, es decir la cantidad de energía que la probeta alcanzó a resistir. A mayor energía, el material es más tenaz.

A partir de los valores obtenidos en el gráfico Fuerza-Desplazamiento, se puede obtener la curva Esfuerzo-Deformación $s - e$. El esfuerzo s que tiene unidades de fuerza partido por área, ha sido definido anteriormente, la deformación unidimensional:

$$\delta = \frac{L - L_0}{L_0}$$

En la Figura 13 se presenta un ejemplo del gráfico Esfuerzo - Deformación de un acero.

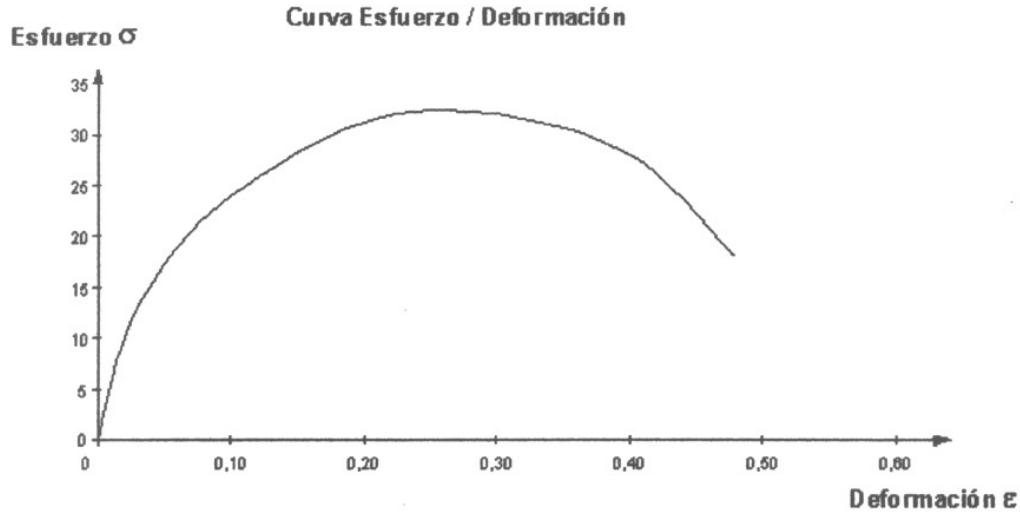


Figura 13

En la zona elástica se cumple:

$$S = E \times e$$

E: Módulo de Elasticidad = $21 \cdot 10^6$ (Kg. / cm²)

pero, $s = \frac{F}{A_0}$; $e = \frac{L_f - L_0}{L_0}$ con lo que queda

$$\frac{F}{A_0} = E \frac{L_f - L_0}{L_0} \text{ y definitivamente,}$$

$$F = \frac{EA_0}{L_0} (L_f - L_0); \text{ en donde la constante del resorte } K = \frac{EA_0}{L_0}$$

ENSAYO A LA DUREZA

El ensayo de dureza es, juntamente con el de tracción, uno de los más empleados en la selección y control de calidad de los metales. Intrínsecamente la dureza es una condición de la superficie del material y no representa ninguna propiedad fundamental de la materia. Se evalúa convencionalmente por dos procedimientos. El más usado en metales es la resistencia a la penetración de una herramienta de determinada geometría.

El ensayo de dureza es simple, de alto rendimiento ya que no destruye la muestra y particularmente útil para evaluar propiedades de los diferentes componentes micro estructurales del material.

Los métodos existentes para la medición de la dureza se distinguen básicamente por la forma de la herramienta empleada (penetrador), por las condiciones de aplicación de la carga y por la propia forma de calcular (definir) la dureza. La elección del método para determinar la dureza depende de factores tales como tipo, dimensiones de la muestra y espesor de la misma.

DUREZA VICKERS

Este método es muy difundido ya que permite medir dureza en prácticamente todos los materiales metálicos independientemente del estado en que se encuentren y de su espesor.

El procedimiento emplea un penetrador de diamante en forma de pirámide de base cuadrada. Tal penetrador es aplicado perpendicularmente a la superficie cuya dureza se desea medir, bajo la acción de una carga P . Esta carga es mantenida durante un cierto tiempo, después del cual es retirada y medida la diagonal de la impresión que quedó sobre la superficie de la muestra (figura 1). Con este valor y utilizando tablas apropiadas se puede obtener la dureza Vickers, que es caracterizada por HV y definida como la relación entre la carga aplicada (expresada en Kg. y el área de la superficie lateral de la impresión.

DUREZA ROCKWELL

La medición de dureza por el método Rockwell ganó amplia aceptación en razón de la facilidad de realización y el pequeño tamaño de la impresión producida durante el ensayo.

El método se basa en la medición de la profundidad de penetración de una determinada herramienta bajo la acción de una carga prefijada.

El número de dureza Rockwell (HR) se mide en unidades convencionales y es igual al tamaño de la penetración sobre cargas determinadas. El método puede utilizar diferentes penetradores siendo éstos esferas de acero templado de diferentes diámetros o conos de diamante. Una determinada combinación constituye una “escala de medición”, caracterizada como A, B, C, etc. y siendo la dureza un número arbitrario será necesario indicar en que escala fue obtenida (HRA, HRB, HRC, etc.).

El proceso de medición con penetrador de diamante (utilizado para materiales duros, como por ejemplo los templados) está esquematizado en la figura 2.

La carga total P es aplicada sobre el penetrador en dos etapas: una previa P_0 y una posterior P_1 tal que:

$$P = P_0 + P_1$$

Inicialmente el cono penetra en la superficie una cantidad h_0 sobre la acción de la carga P_0 que se mantendrá hasta el fin del ensayo. Esta penetración inicial permite eliminar la influencia de las condiciones superficiales.

A continuación se aplica la carga P_1 y la penetración se acentúa. Finalmente la carga P , es retirada y la profundidad h restante (solamente actúa P_0) determina el número de dureza HR. La escala de los instrumentos de lectura empleados en las máquinas está invertida para permitir una lectura directa.

En los certificados de calidad es común utilizar la escala HRB donde el cono de diamante es reemplazado por una esfera de 1/16" y la carga P , vale 100 Kgf.

En casos de materiales muy finos donde la carga de 100 Kgf es muy elevada, pudiendo inclusive perforar la muestra, es utilizada la escala Vickers con una carga de 10 Kgf y luego efectuada la transformación a la escala HRB utilizando tablas de conversión adecuadas.

El último ensayo rutinario es el de Dureza Superficial, que es la resistencia de un material a ser marcado por otro. Se prefiere el uso de materiales duros cuando éstos deben resistir el roce con otros elementos. Es el caso de las herramientas de construcción (palas, carretillas, pisos1 tolvas). El ensayo es realizado con indentadores en forma de esferas, pirámides o conos. Estos elementos se cargan contra el material y se procede a medir el tamaño de la huella que dejan. Es un ensayo fácil y no destructivo; puede realizarse en cualquier sitio, ya que existen durímetros fácilmente transportables.

Una de las ventajas del ensayo de dureza es que los valores entregados pueden usarse para hacer una estimación de la resistencia a la tracción. La dureza superficial puede aumentarse añadiendo al material una capa de carbono, en un tratamiento térmico denominado cementación.

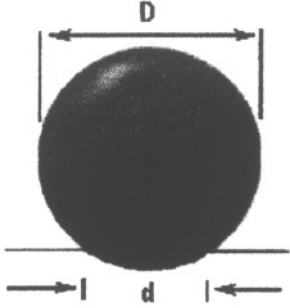
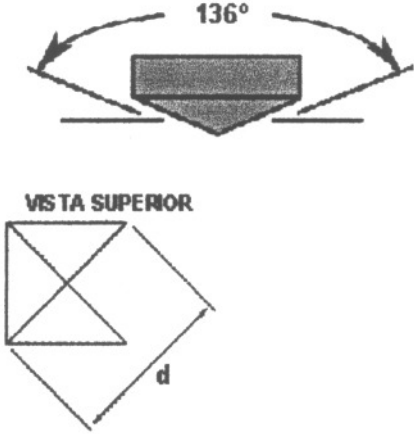
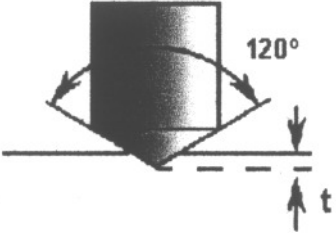
La clasificación y los métodos varían con cada material, dando origen a los números de dureza:

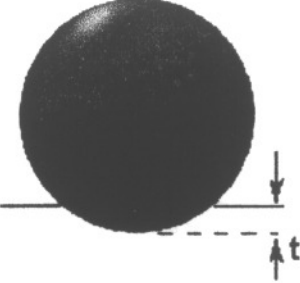
HBN (Hardness Brinell Number)

HRA, HRB, HRC, ... (Hardness Rockwell Series A, B, C, ..)

HVN (Hardness Vickers Number), entre otros.

A continuación se detalla el procedimiento y el cálculo de cada uno de estos números estandarizados.

<p>Ensayo BRINELL. Indentador: Esfera de 10mm de acero o carburo de tungsteno. Carga = P Fórmula: HBN =</p> $\frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$	 <p>The diagram shows a dark sphere representing the indenter. A horizontal double-headed arrow above the sphere is labeled 'D', indicating its diameter. Below the sphere, a horizontal double-headed arrow is labeled 'd', indicating the diameter of the indentation it has made on a surface. The surface is represented by two horizontal lines.</p>
<p>Ensayo VICKERS Indentador: Pirámide de diamante Carga = P</p> $\text{Fórmula: HVN} = 1,72 \frac{P}{d^2}$	 <p>The diagram shows a diamond pyramid indenter with a 136-degree angle between its two opposite faces, indicated by curved arrows and the label '136°'. Below it, a square impression is shown with a diagonal line and the label 'd' for its side length. The text 'VISTA SUPERIOR' (Top View) is written above the square impression.</p>
<p>Ensayo ROCKWELL A, C, D Indentador: Cono de diamante (HRA, HRC, HRD) Carga: $P_A = 60 \text{ Kg}$ $P_C = 150 \text{ Kg}$ $P_D = 100 \text{ Kg}$ Formula: HRA, HRC, HRD = 100 - 500t</p>	 <p>The diagram shows a diamond cone indenter with a 120-degree angle between its two opposite faces, indicated by curved arrows and the label '120°'. Below it, the indenter is shown in contact with a surface, with a vertical double-headed arrow labeled 't' indicating the depth of penetration.</p>

<p>Ensayo ROCKWELL B, F, G, E Indentador: Esfera de acero $f = 1/16$ " (HRB, HRF, HRG) Esfera de acero $f = 1/8$ " (HRE) Carga: $P_B = 100$ Kg $P_F = 60$ Kg $P_G = 150$ Kg $P_E = 100$ Kg Formula: HRB, HRF, HRG, HRE $= 130 - 500t$</p>	
--	--

La Tabla 6 muestra las equivalencias entre algunos de los números de dureza superficial y presenta una estimación de la resistencia a la tracción.

ENSAYO A LA RESILIENCIA

Hasta ahora, sólo se ha hecho mención a la resistencia de los materiales (principalmente acero) cuando estos se ven solicitados a esfuerzos de tracción. Existen otros ensayos destructivos que permiten evaluar la resistencia del material frente, por ejemplo, al impacto (o resiliencia). El ensayo Charpy permite calcular cuánta energía logra disipar una probeta al ser golpeada por un pesado péndulo en caída libre (Figura 11).

El ensayo entrega valores en Joules, y éstos pueden diferir fuertemente a diferentes temperaturas. La Figura 18 permite evaluar la diferencia entre probetas antes y después del ensayo.

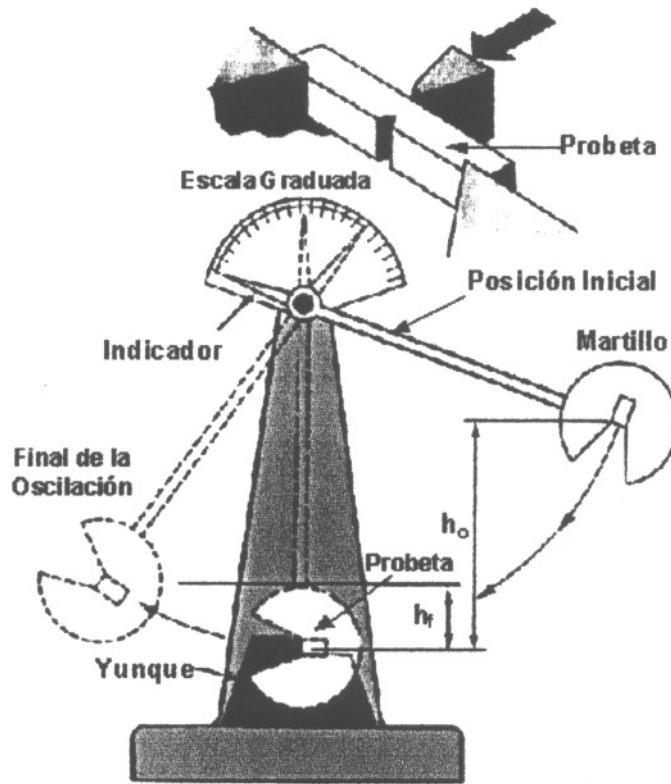


Figura 17
Máquina para pruebas de impacto

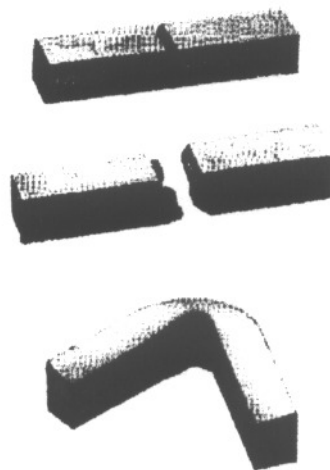


Figura 18
Probetas de un ensayo de impacto

El ensayo de impacto consiste en dejar caer un pesado péndulo, el cual a su paso golpea una probeta que tiene forma paralelepípeda ubicada en la base de la máquina. La probeta posee un entalle estándar para facilitar el inicio de la fisura; este entalle recibe el nombre de V-Notch. Luego de golpear la probeta, el péndulo sigue su camino alcanzando una cierta altura que depende de la cantidad de energía disipada al golpear.

Las probetas que fallan en forma frágil se rompen en dos mitades, en cambio aquellas con mayor ductilidad se doblan sin romperse. Este comportamiento es muy dependiente de la temperatura y la composición química, esto obliga a realizar el ensayo con probetas a distinta temperatura, para evaluar la existencia de una temperatura de transición dúctil-frágil". Este ensayo se lleva a un gráfico como el mostrado en la Figura 19 en donde se puede apreciar un fuerte cambio en la energía disipada para algunos aceros de bajo carbono. Mientras que el níquel no muestra una variación notable.

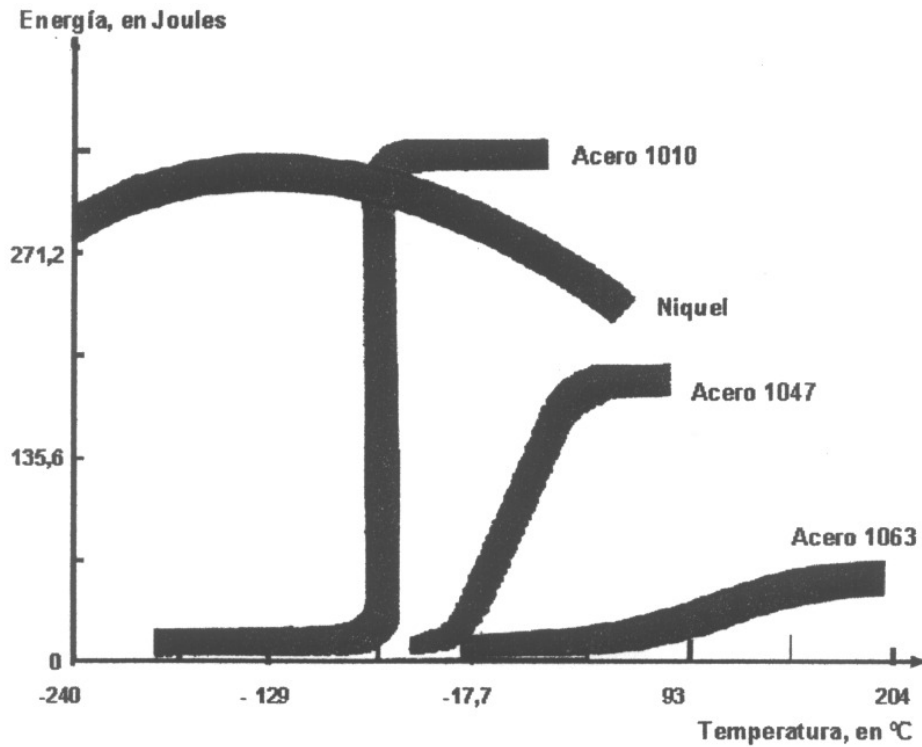


Figura 19
Resultados de pruebas de impacto para varias aleaciones, medidos a través de un intervalo de temperatura

CAPITULO 4

MODELADO Y MOLDEADO

DISEÑO DEL MODELO

El modelo es la pieza que se pretende reproducir, pero con algunas modificaciones derivadas de la naturaleza del proceso de fundición:

- Será ligeramente más grande que la pieza, ya que se debe tener en cuenta la contracción de la misma una vez se haya extraído del molde.
- Las superficies del modelo deberán respetar unos **ángulos** mínimos con la dirección de desmoldeo (la dirección en la que se extraerá el modelo), con objeto de no dañar el molde de arena durante su extracción. Este ángulo se denomina *ángulo de salida*.
- Incluir todos los canales de alimentación y **mazarotas** necesarios para el llenado del molde con el metal fundido.
- Si es necesario incluirá portadas, que son prolongaciones que sirven para la colocación del macho.

Para lograr la producción de una pieza fundida es necesario hacer las siguientes actividades:

1. Diseño de los modelos de la pieza y sus partes internas
2. Diseño del molde
3. Preparación de los materiales para los modelos y los moldes
4. Fabricación de los modelos y los moldes
5. Colado de metal fundido
6. Enfriamiento de los moldes
7. Extracción de las piezas fundidas
8. Limpieza de las piezas fundidas
9. Terminado de las piezas fundidas
10. Recuperación de los materiales de los moldes

FABRICACIÓN DEL MODELO

En lo que atañe a los materiales empleados para la construcción del modelo, se puede emplear desde madera o plásticos como el uretano hasta metales como el aluminio o el hierro fundido.

ARENA O RESINA EPOXI

Una Resina Epoxi o poliepóxido es un polímero termoestable que se endurece cuando se mezcla con un agente catalizador o "endurecedor".

Los epoxis tienen múltiples aplicaciones, y entre otras:

- Pinturas y acabados
- Adhesivos
- Materiales compuestos
- Sistemas eléctricos y electrónicos
- Consumo y aplicaciones náuticas
- Industria

Las resinas epoxi están constituidas comúnmente de dos componentes que se mezclan previamente antes de ser usados; al mezclarse reaccionan causando la solidificación de la resina, su curado se realiza a temperatura ambiente, durante ese curado o secado se forman enlaces cruzados lo que hace que su peso molecular sea elevado.

Propiedades de las resinas epóxi:

- Humectación y de adherencia son óptima.
- Buen aislamiento eléctrico.
- Buena resistencia mecánica.
- Resisten la humedad.
- Resisten el ataque de fluidos corrosivos.
- Resisten temperaturas elevadas
- Excelente resistencia química
- Poca contracción al curar
- Excelentes propiedades Adhesivas.

RESINAS EPÓXI PARA FABRICACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS

Se trata de la mezcla de resinas epóxi con fibras, comúnmente fibra de vidrio o de carbono, esta mezcla se usa tanto en la fabricación de moldes como de piezas maestras, laminados, extrusiones y otras ayudas a la producción industrial. Los resultados son más baratos, resistentes y rápidos de producir que los hechos de madera, metal, plástico, etc. producen piezas más resistentes. Son muy utilizados además en la escultura, fabricación de piezas prefabricadas y para refuerzo de recuperación de elementos constructivos de gran valor.

Usualmente se fabrican dos semimodelos correspondientes a sendas partes del molde que es necesario fabricar.

COMPACTACIÓN DE LA ARENA ALREDEDOR DEL MODELO.

Para ello primeramente se coloca cada semimodelo en una tabla, dando lugar a las llamadas tablas modelo, que garantizan que posteriormente ambas partes del molde encajarán perfectamente.

Actualmente se realiza el llamado moldeo mecánico, consistente en la compactación de la arena por medios automáticos, generalmente mediante pistones (uno o varios) **hidráulicos** o **neumáticos**.

MOLDES TEMPORALES

Los recipientes con la forma deseada se conocen como moldes, éstos se fabrican de diferentes materiales como: arena, yeso, barro, metal, etc. Los moldes pueden servir una vez o varias. En el primer caso se les conoce como moldes temporales y los que se pueden utilizar varias veces, se les conoce como moldes permanentes.

MODELOS DESECHABLES Y REMOVIBLES

Los moldes se fabrican por medio de modelos los que pueden ser de madera, plástico, cera, yeso, arena, poliuretano, metal, etc. Si los modelos se destruyen al elaborar la pieza, se dice que éstos son disponibles o desechables y si los modelos sirven para varias fundiciones se les llama removibles.

FUNDICIÓN EN MOLDES DE ARENA

Uno de los materiales más utilizados para la fabricación de moldes temporales es la arena sílica o arena verde (por el color cuando está húmeda). El procedimiento consiste en el recubrimiento de un modelo con arena húmeda y dejar que seque hasta que adquiera dureza.

FUNDICIÓN EN MOLDES DE CAPA SECA

Es un procedimiento muy parecido al de los moldes de arena verde, con excepción de que alrededor del modelo (aproximadamente 10 mm) se coloca arena con un compuesto que al secar hace más dura a la arena, este compuesto puede ser almidón, linaza, agua de melaza, etc. El material que sirve para endurecer puede ser aplicado por medio de un rociador y posteriormente secado con una antorcha.

FUNDICIÓN EN MOLDES CON ARENA SECA

Estos moldes son hechos en su totalidad con arena verde común, pero se mezcla un aditivo como el que se utiliza en el moldeo anterior, el que endurece a la arena cuando se seca. Los moldes deben ser cocidos en un horno para eliminar toda la humedad y por lo regular se

utilizan cajas de fundición, como las que se muestran más adelante. Estos moldes tienen mayor resistencia a los golpes y soportan bien las turbulencias del metal al colarse en el molde.

FUNDICIÓN EN MOLDES DE ARCILLA

Los moldes de arcilla se construyen al nivel de piso con ladrillos o con materiales cerámicos, son utilizados para la fundición de piezas grandes y algunas veces son reforzados con cajas de hierro. Estos moldes requieren mucho tiempo para su fabricación y no son muy utilizados.

FUNDICIÓN EN MOLDES FURÁNICOS

Este proceso es bueno para la fabricación de moldes o corazones de arena. Están fabricados con arena seca de grano agudo mezclado con ácido fosfórico, el cual actúa como acelerador en el endurecimiento, al agregarse a la mezcla una resina llamada furánica. Con esta mezcla de ácido, arcilla y resina en dos horas el molde se endurece lo suficiente para recibir el metal fundido.

FUNDICIÓN CON MOLDES DE CO₂

En este tipo de moldes la arena verde se mezcla con silicato de sodio para posteriormente ser apisonada alrededor del modelo. Una vez armado el molde se inyecta bióxido de carbono a presión con lo que reacciona el silicato de sodio aumentando la dureza del molde. Con la dureza adecuada de la arena del molde se extrae el modelo, si este fuera removible, para posteriormente ser cerrado y utilizado.

También los procesos de moldeo pueden ser clasificados por el lugar en el que se fabrican.

1. Moldeo en banco. Este tipo de moldeo es para trabajos pequeños y se fabrican en un banco que se encuentre a la mano del trabajador.
2. Moldeo de piso. Para piezas grandes en las que su manejo es difícil y no pueden ser transportadas de un sitio a otro.
3. Moldeo en fosa. Cuando las piezas son extremadamente grandes y para su alimentación es necesario hacer una fosa bajo el nivel medio del piso.

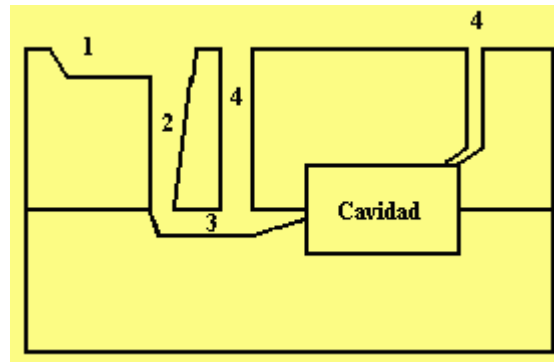
VENTAJAS DE LOS MODELOS DESECHABLES

1. Para la fabricación de moldes sin máquinas de moldeo se requiere menos tiempo.
2. No requieren de tolerancia especiales.
3. El acabado es uniforme y liso.
4. No requiere de piezas sueltas y complejas.
5. No requiere de corazones
6. El moldeo se simplifica notablemente.

DESVENTAJAS DE LOS MODELOS DESECHABLES

1. El modelo es destruido en el proceso de fundición.
2. Los modelos son más delicados en su manejo.
3. No se puede utilizar equipo de moldeo mecánico.
4. No se puede revisar el acabado del molde.

PARTES DE UN MOLDE



1. Vasija de vaciado. Entrada del metal fundido al molde.
2. Bebedero. Conducto por el cual baja el metal fundido para la alimentación del metal al molde.
3. Corredor alimentador. Vasija inferior que permite la entrada del material a la cavidad. En algunos casos se coloca un rebosadero antes del corredor alimentador para que se atrape la escoria o partículas extrañas del metal fundido.
4. Rebosaderos. Son espacios que pueden ser ciegos o abiertos y que sirven para permitir que la escoria del material fundido flote y sea atrapada. También sirven para conocer si el material llenó en su totalidad la cavidad del molde.

TOLERANCIAS EN LOS MODELOS

En el diseño de los modelos que se utilizan para construir un molde es necesario tener en consideración varias tolerancias.

1. Tolerancia para la contracción. Se debe tener en consideración que un material al enfriarse se contrae dependiendo del tipo de metal que se esté utilizando, por lo que los modelos deberán ser más grandes que las medidas finales que se esperan obtener.
2. Tolerancia para la extracción. Cuando se tiene un modelo que se va a remover es necesario agrandar las superficies por las que se deslizará, al fabricar estas superficies se deben considerar en sus dimensiones la holgura por extracción.
3. Tolerancia por acabado. Cuando una pieza es fabricada es necesario realizar algún trabajo de acabado o terminado de las superficies generadas, esto se logra puliendo o quitando algún material de las piezas producidas por lo que se debe considerar en el modelo esta rebaja de material.

4. Tolerancia de distorsión. Cuando una pieza es de superficie irregular su enfriamiento también es irregular y por ello su contracción es irregular generando la distorsión de la pieza, estos efectos deberán ser tomados en consideración en el diseño de los modelos.
5. Golpeteo. En algunas ocasiones se golpean los modelos para ser extraídos de los moldes, acción que genera la modificación de las dimensiones finales de las piezas obtenidas, estas pequeñas modificaciones deben ser tomadas en consideración en la fabricación de los modelos.

Cuando se utilizan modelos disponibles muchas de las tolerancias antes mencionadas no son aplicables.

FUNDICIÓN EN MOLDES METÁLICOS

La fundición en moldes permanentes hechos de metal es utilizada para la producción masiva de piezas de pequeño o regular tamaño, de alta calidad y con metales de baja temperatura de fusión. Sus ventajas son que tienen gran precisión y son muy económicos, cuando se producen grandes cantidades. Existen varios tipos de moldes metálicos utilizados para la fabricación de piezas por lo regular de metales no ferrosos, a continuación se mencionan algunos de las más utilizados.

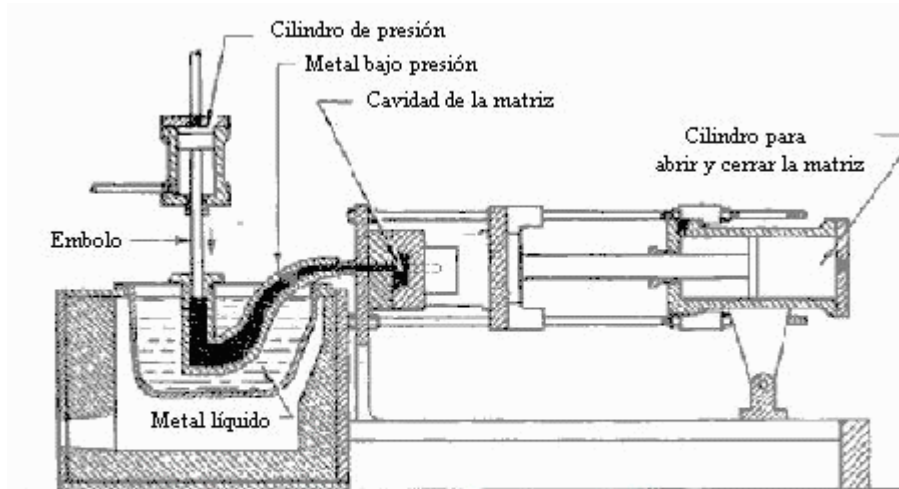
1. FUNDICIÓN EN MATRICES

En este proceso el metal líquido se inyecta a presión en un molde metálico (matriz), la inyección se hace a una presión entre 10 y 14 Mpa, las piezas logradas con este procedimiento son de gran calidad en lo que se refiere a su terminado y a sus dimensiones. Este procedimiento es uno de los más utilizados para la producción de grandes cantidades de piezas fundidas. Se pueden utilizar dos tipos de sistema de inyección en la fundición en matrices.

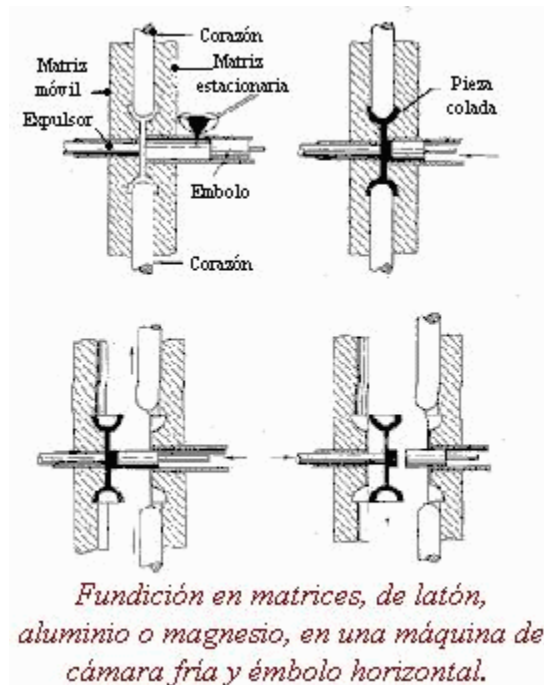
- Cámara caliente
- Cámara fría

El procedimiento de fusión en cámara caliente se realiza cuando un cilindro es sumergido en el metal derretido y con un pistón se empuja el metal hacia una salida la que descarga a la matriz. Las aleaciones más utilizadas en este método son las de bajo punto de fusión como las de zinc, estaño y plomo. Las piezas que se producen son de 20 a 40 kg y se llegan a manejar presiones superiores a los 35 Mpa. Es un proceso rápido que se puede fácilmente mecanizar.

FUNDICIÓN CON CÁMARA CALIENTE



Máquina de cámara caliente para fundición en matriz actuada mediante un émbolo.



Fundición en matrices, de latón, aluminio o magnesio, en una máquina de cámara fría y émbolo horizontal.

El proceso con cámara fría se lleva metal fundido por medio de un cucharón hasta un cilindro por el cual corre un pistón que empuja al metal a la matriz de fundición, las piezas obtenidas son de unos cuantos gramos a 10 kg y sólo es recomendable en trabajos de poca producción.

2. FUNDICIÓN EN CÁMARA FRÍA

Fundición con molde permanente por gravedad

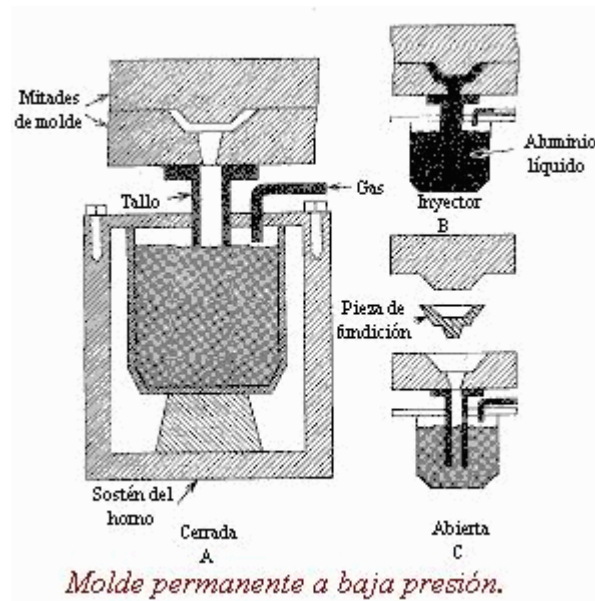
Este tipo de fundición es utilizado para piezas en las que la calidad de terminado y dimensional no está sujeto a restricciones de calidad, debido a que la única fuente de energía que obliga al metal a llenar la cavidad del molde es la fuerza de la gravedad, un ejemplo de la utilización de este método es la fabricación de lingotes de metal.

La fusión de moldes de baja presión

Es un sistema de fusión que consiste en la colocación de un tallo sobre un crisol sellado, al inyectar presión al centro del crisol la única salida del metal fundido será el tallo por lo que se genera el flujo del metal por el tallo hasta que se llena la matriz y se forma la pieza.

Con este procedimiento se pueden fabricar piezas hasta de 30 kg y es rentable para grandes cantidades de piezas sin grandes requerimientos de calidad.

FUNDICIÓN A VACIO



3. FUNDICIÓN HUECA

Es un sistema de producción de piezas metálicas huecas sin corazones fijos. Consiste en vaciar metal fundido en un molde que es volteado cuando se empieza a solidificar el metal. El metal que no se ha solidificado sale del molde para ser utilizado en otra pieza y el metal solidificado forma las paredes de la pieza. El resultado son paredes delgadas de metal.

4. FUNDICIÓN PRENSADA O DE CORTHIAS

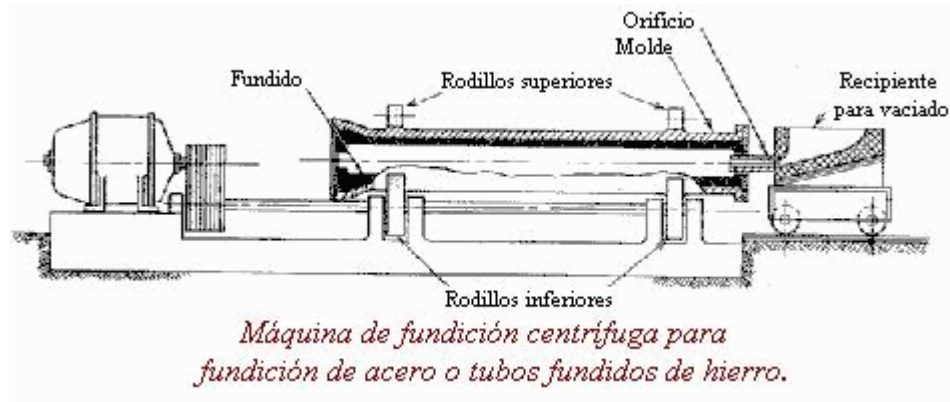
Es un proceso para producir piezas huecas pero de mayor calidad que la fundición hueca. Se vacía una cantidad específica de metal fundido en el interior de un molde con un extremo abierto por el que se introduce un corazón que obliga al metal fundido a distribuirse uniformemente en todo el molde, una vez que empieza a solidificarse el metal del molde, se extrae el corazón, lo que origina una pieza de buena calidad. Este sistema de fundición es considerado como artesanal y sólo es rentable cuando se van a fabricar pocas piezas.

FUNDICIÓN CENTRÍFUGA

La fundición centrífuga es un método en el que aprovecha la fuerza centrífuga que se puede generar al hacer girar el metal en torno de un eje. Existen tres tipos de fundición centrífuga:

- I. Fundición centrífuga real
- II. Fundición semicentrífuga
- III. Centrifugado

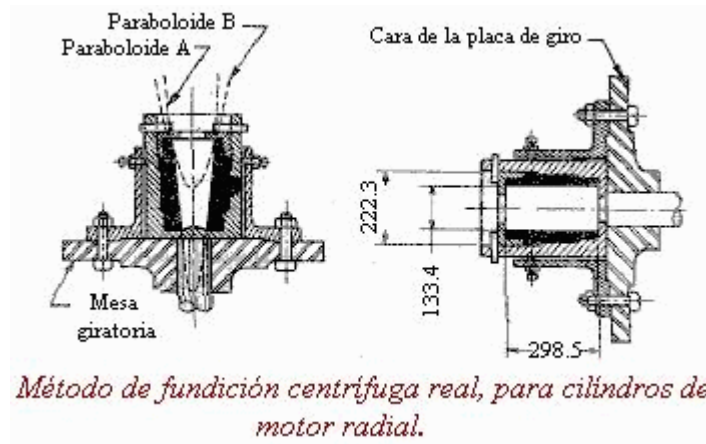
I. FUNDICIÓN CENTRÍFUGA REAL



Es el procedimiento utilizado para la fabricación de tubos sin costura, camisas y objetos simétricos, los moldes se llenan del material fundido de manera uniforme y se hace girar al molde sobre su eje de rotación.

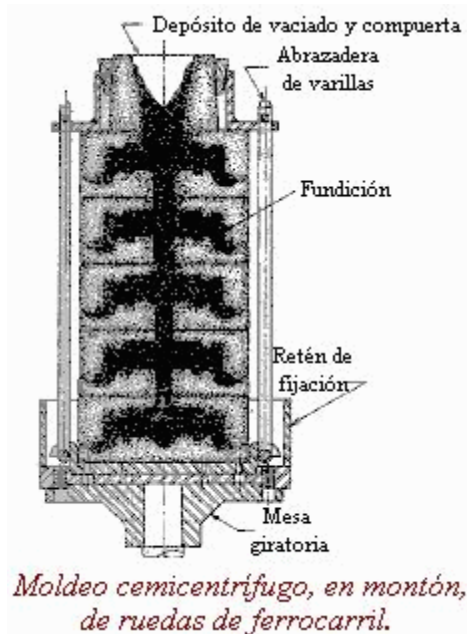
II. FUNDICIÓN SEMICENTRÍFUGA

Es un método en el que el material fundido se hace llegar a los extremos de los moldes por la fuerza centrífuga que genera hacer girar a los moldes, los extremos se llenan del material fundido, con buena densidad y uniformidad. El centro tiene poco material o de poca densidad. Por lo regular el centro en este tipo de sistemas de fundición es maquinado posteriormente.



III. CENTRIFUGADO

Es un sistema donde por medio de un tallo se hace llegar metal fundido a racimos de piezas colocadas simétricamente en la periferia. Al poner a girar el sistema se genera fuerza centrífuga la que es utilizada para aumentar la uniformidad del metal que llena las cavidades de los moldes.



PROCESOS DE FUNDICIÓN ESPECIALES

Proceso de fundición a la cera perdida

Es un proceso muy antiguo para la fabricación de piezas artísticas. Consiste en la creación de un modelo en cera de la pieza que se requiere, este modelo debe tener exactamente las características deseadas en la pieza a fabricar. El modelo de cera es cubierto con yeso o un material cerámico que soporte el metal fundido. Para que seque ese material cerámico se

introduce a un horno, con ello el material cerámico se endurece y el modelo de cera se derrite. En el molde fabricado se vacía el metal fundido y se obtiene la pieza deseada. Es un proceso que es utilizado para la fabricación de piezas ornamentales únicas o con muy pocas copias.

Proceso de cáscara cerámica

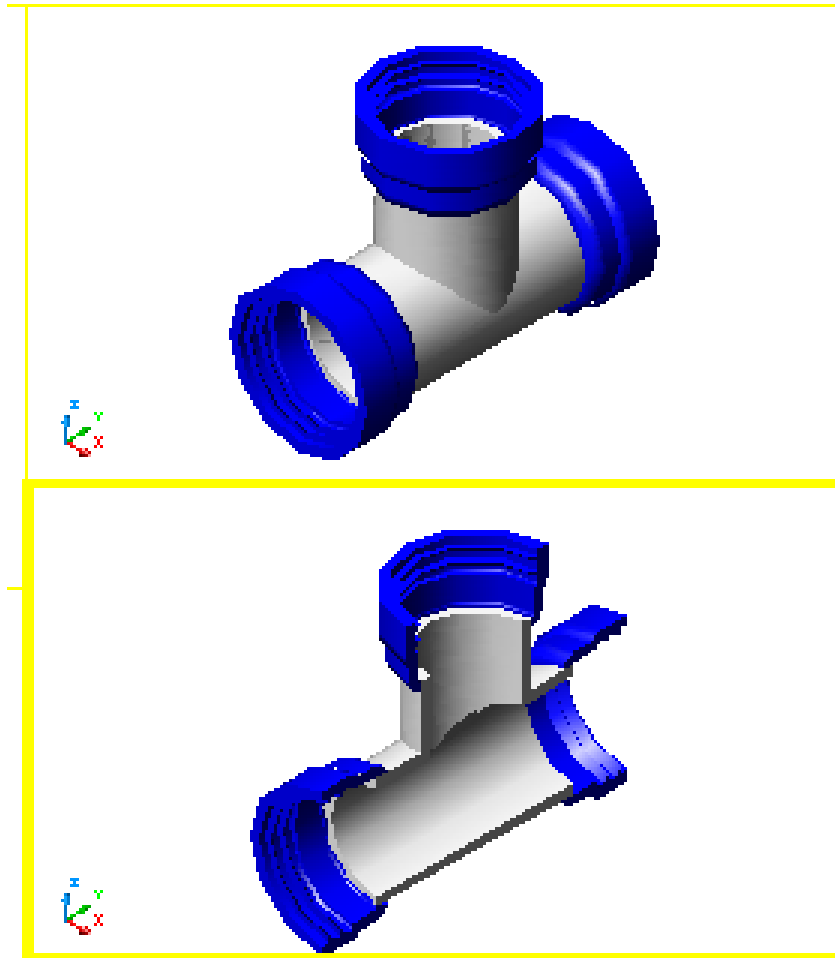
Es un proceso parecido al de la cera perdida, sólo que en este proceso el modelo de cera o un material de bajo punto de fusión se introduce varias veces en una lechada refractaria (yeso con polvo de mármol) la que cada vez que el modelo se introduce este se recubre de una capa de la mezcla, generando una cubierta en el modelo. Posteriormente el modelo y su cáscara se meten en un horno con lo que el material refractario se endurecerá y el modelo se derrite. Así se tiene un molde listo para ser llenado con un metal y producir una fundición sólida o hueca.

Fundición en molde de yeso

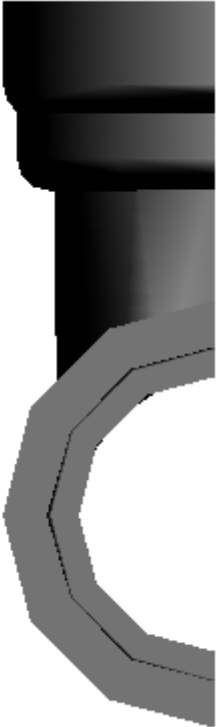
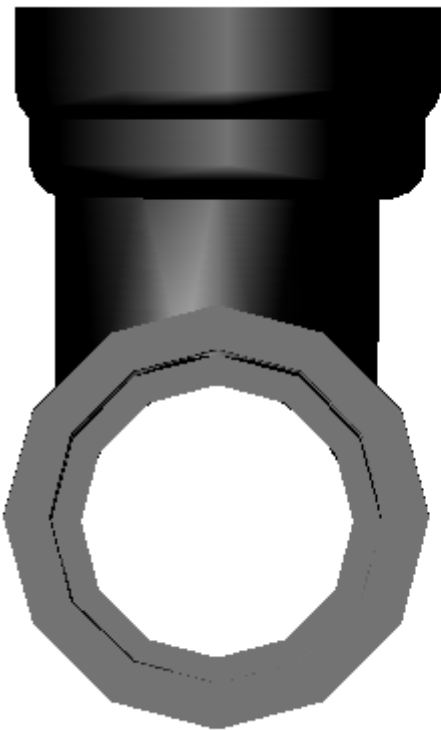
Cuando se desea la fabricación de varios tipos de piezas de tamaño reducido y de baja calidad en su terminado superficial, se utiliza el proceso de fundición en molde de yeso. Este consiste en la incrustación de las piezas modelo que se desean fundir, en una caja llena con pasta de yeso, cuando se ha endurecido el yeso, se extraen las piezas que sirvieron de modelo y por gravedad se llenan las cavidades con metal fundido. El sistema anterior puede producir grandes cantidades de piezas fundidas con las formas deseadas.

DIBUJOS TECNICOS

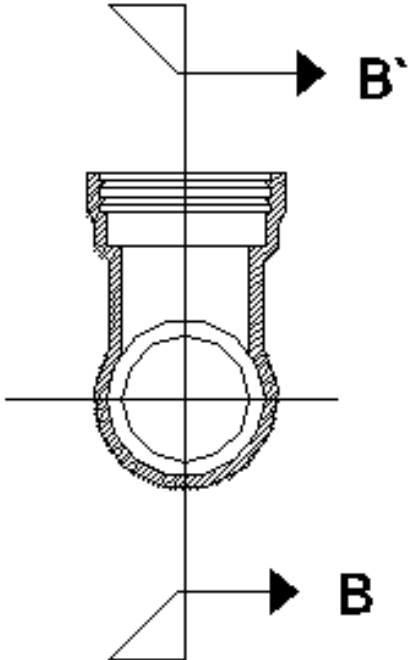
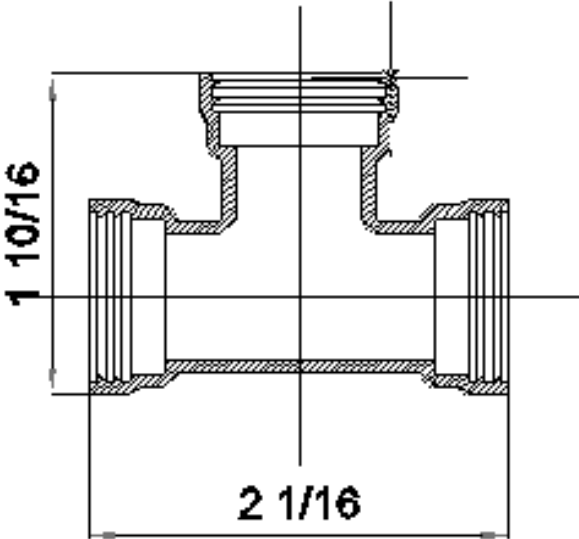
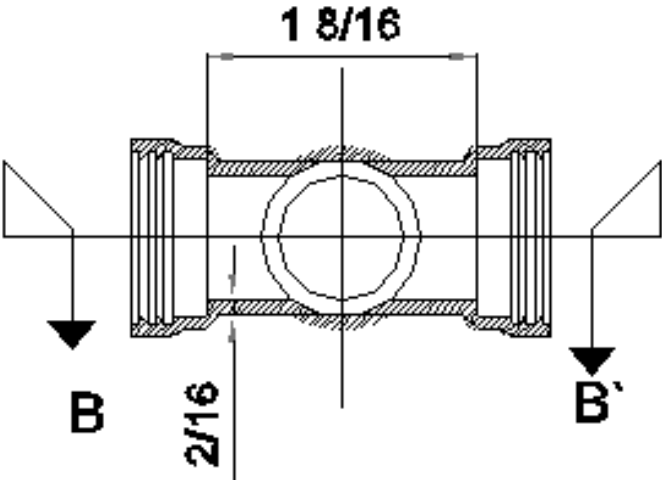
PIEZA TERMINADA



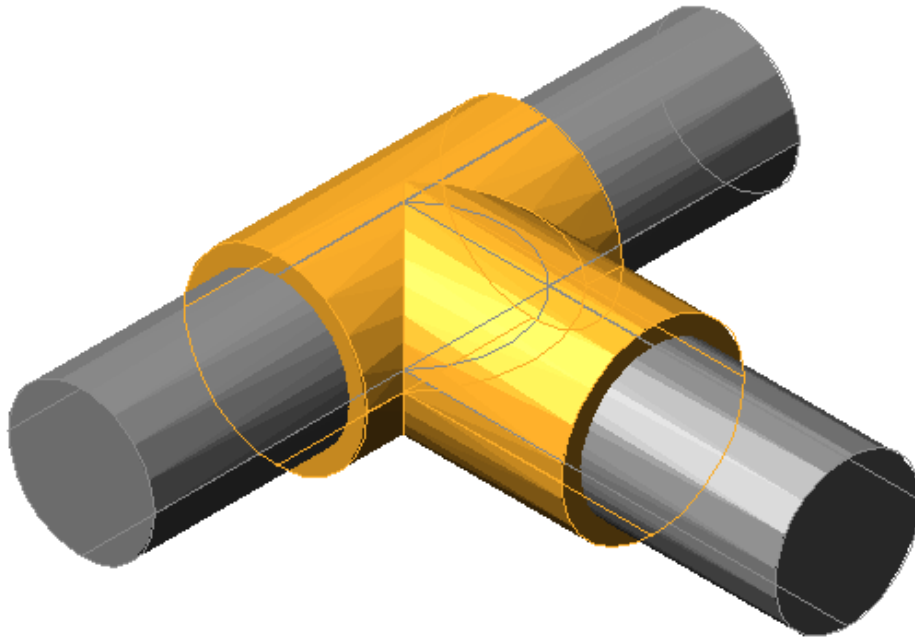
CORTE LATERAL DE LA PIEZA



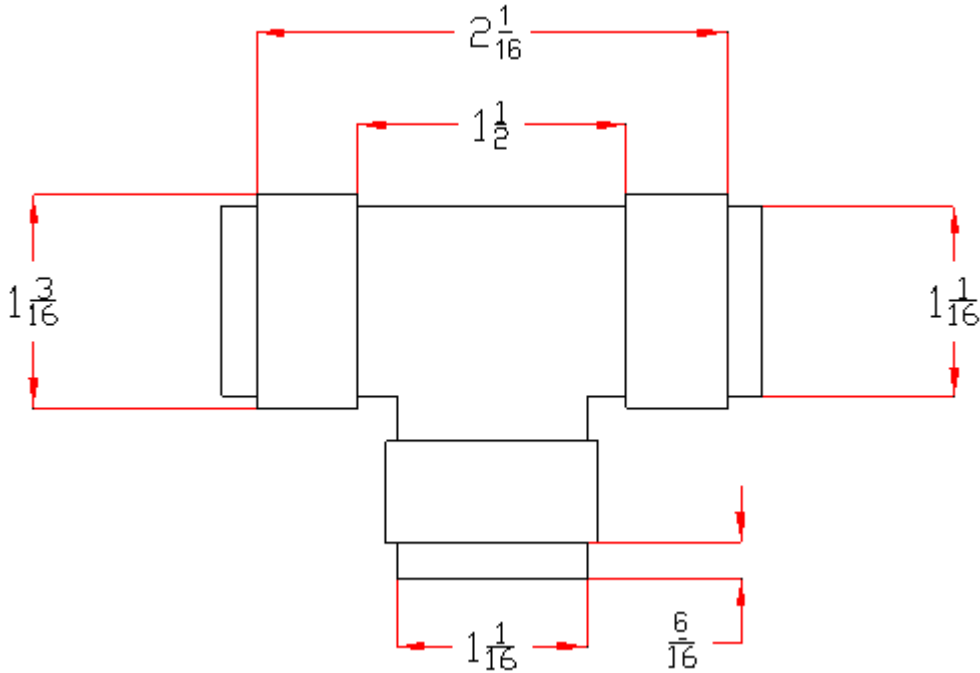
DIMENSIONES DE LA PIEZA



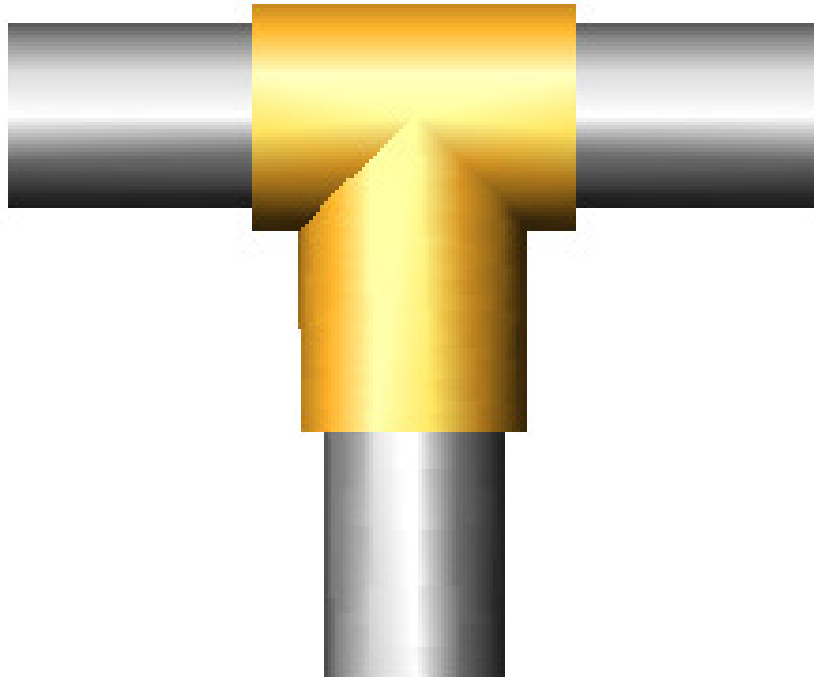
MODELO DE LA PIEZA



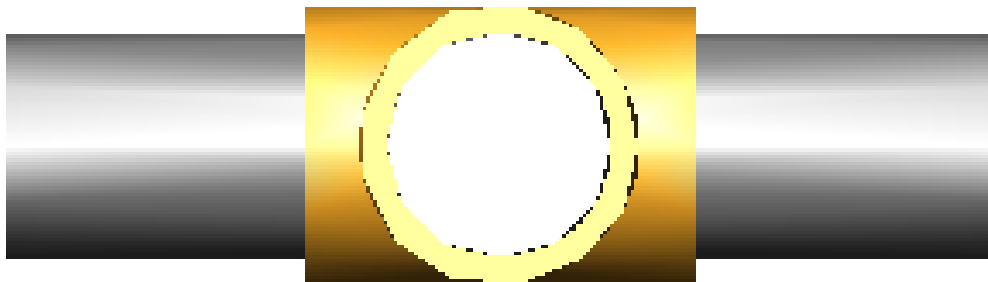
DIMENSIONES DEL MODELO EXTERIOR



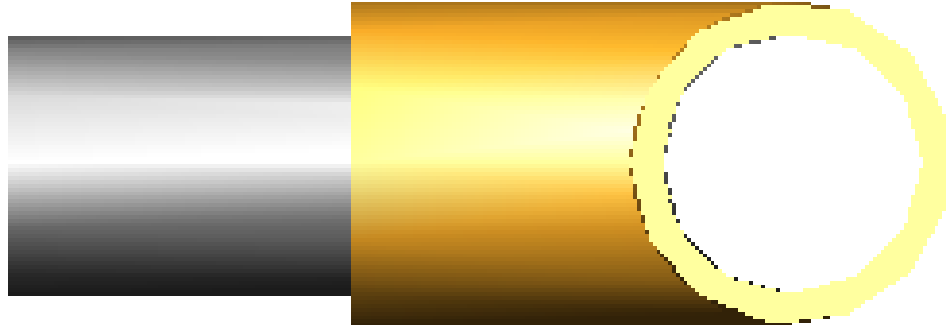
VISTA SUPERIOR



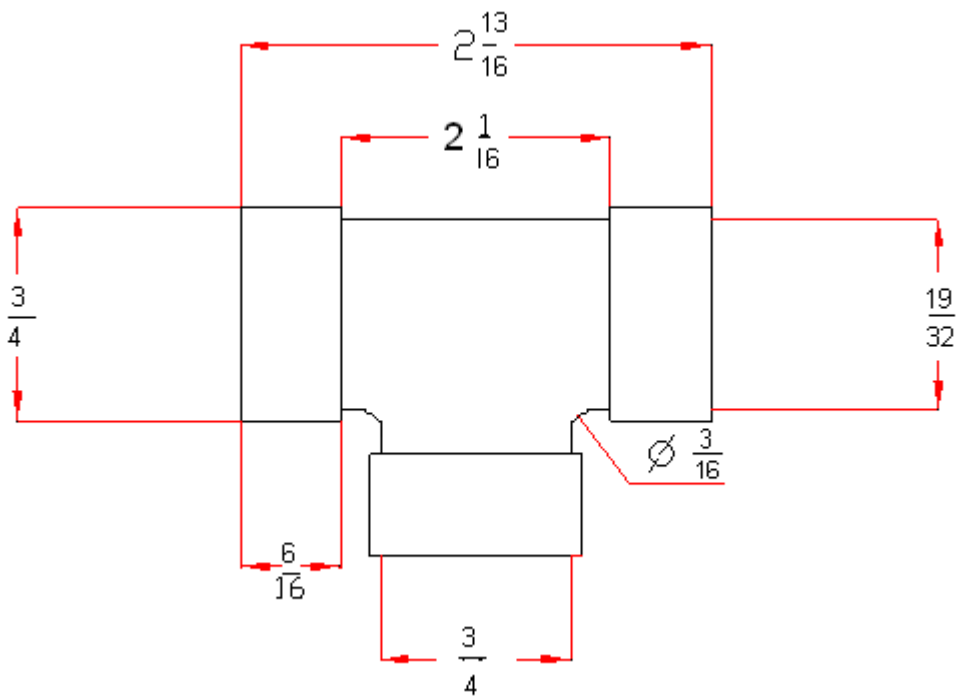
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



DIMENSIONES DEL CORAZON



CAPITULO 5

ROSCAS

Una Rosca es una arista helicoidal de un tornillo (rosca exterior) o de una tuerca (rosca interior), de sección triangular, cuadrada o roma, formada sobre un núcleo cilíndrico, cuyo diámetro y paso se hallan normalizados.

Se denomina rosca al fileteado que presentan los tornillos y los elementos a los que éstos van roscados (tuercas o elementos fijos). Las roscas se caracterizan por su perfil y paso, además de su diámetro.

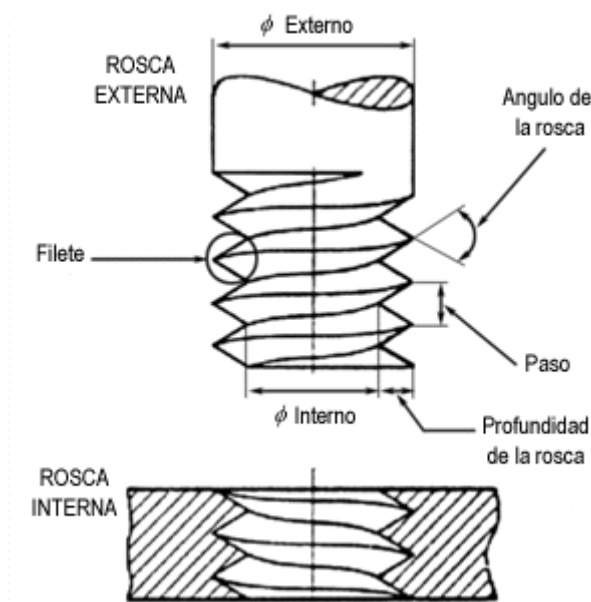
El perfil de rosca métrica ISO es de sección triangular equilátera, con aristas inferiores redondeadas y arista superior chaflanada, mientras que el perfil de rosca inglesa Whitworth es de sección triangular isósceles, con todas sus aristas redondeadas. La «rosca de paso de gas tiene un perfil triangular con un ángulo de 55° en el vértice y cortes redondeados. En el sistema norteamericano Sellers, a cada diámetro corresponde un determinado número de filetes por pulgada.

Las roscas de perfil trapecial están especialmente indicadas para la transmisión de esfuerzos en un solo sentido mientras que la rosca de filete redondo o de cordón se utiliza en los casos en los que ha de recibir impactos persistentes. Las roscas de perfil cuadrado se emplean cuando sea conveniente evitar la acción radial de la rosca.

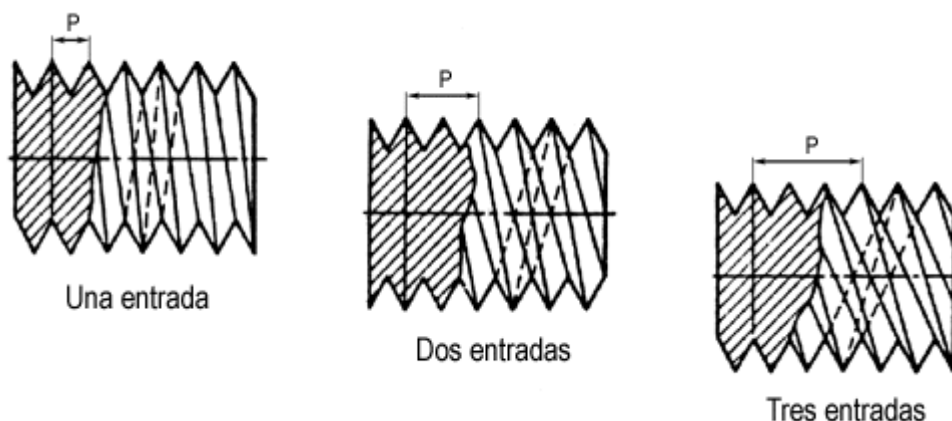
DISEÑO DE LAS ROSCAS

Este antiguo método se basa en una hélice cilíndrica o cónica y un filete triangular, rectangular, trapezoidal o redondo que se fabrica tanto en el eje como en el orificio que pretenden unirse.

Los elementos básicos de una rosca o hilo son el diámetro exterior, el diámetro interior, el paso, el tipo de hilo, el sentido de avance, la cantidad de entradas y el ajuste. Los diámetros interior y exterior limitan la zona roscada; el paso es el desplazamiento axial al dar una vuelta sobre la hélice; el tipo de hilo es determinado por el tipo de filete y el paso, existiendo un gran número de hilos estandarizados. El sentido de avance puede ser derecho o izquierdo. Esto significa que una rosca derecha avanza axialmente al girarla de acuerdo a la ley de la mano derecha. En una rosca izquierda esta ley no se cumple. El sentido de avance izquierdo se usa principalmente por seguridad, como en las válvulas de balones de gas.

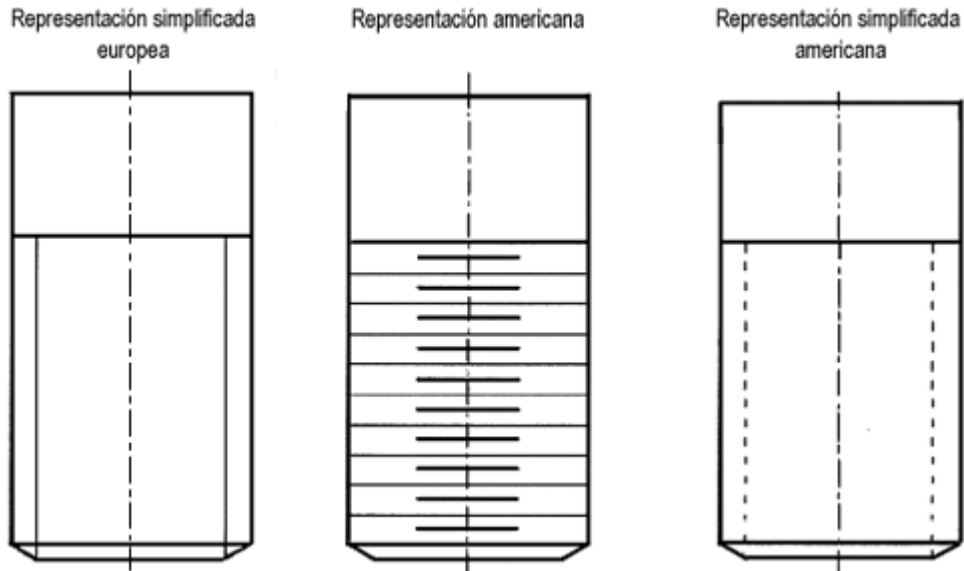


La cantidad de entradas indican cuántas hélices están presentes. Generalmente sólo hay una hélice presente. Por ejemplo si se desea unir una tuerca a un perno, se tiene una oportunidad por vuelta, o sea, una entrada; en tapas de frascos y bebidas se desea una colocación fácil y se utilizan 3, 4 o más entradas, es decir 3, 4 o más hélices presentes. Esto necesariamente aumenta el paso, lo cual no es conveniente en un elemento que debe permanecer unido.



REPRESENTACION GRAFICA DE LAS ROSCAS

El dibujo detallado de las roscas es muy difícil de realizar, esto obliga a reemplazarlo por algún símbolo que represente un eje roscado. La siguiente figura muestra las representaciones simplificadas en Europa y Norte América. Nosotros utilizamos principalmente la representación europea.

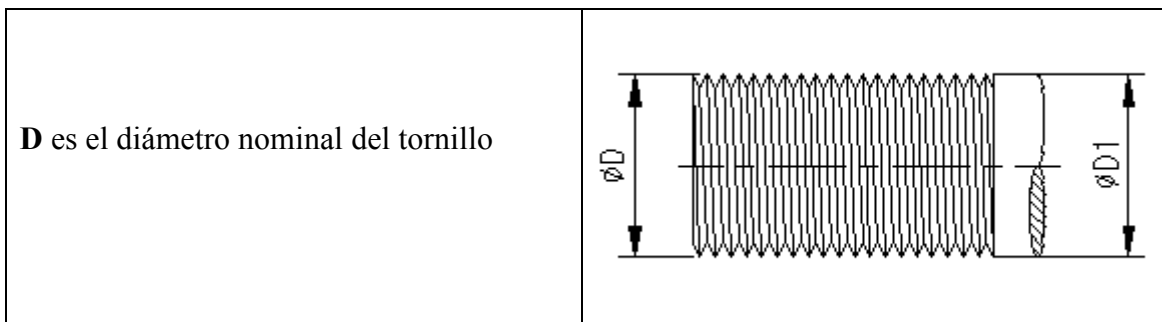


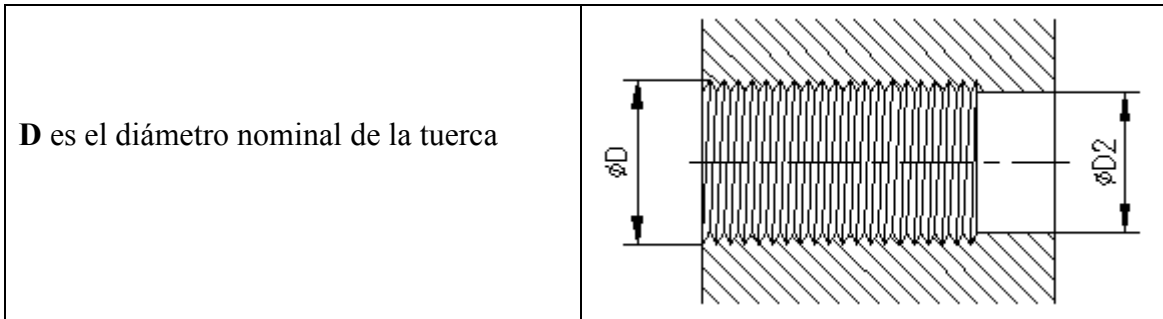
DIAMETRO NOMINAL

Es el mayor diámetro generado por la ranura helicoidal

- En un tornillo coincide con el diámetro exterior.
- En una tuerca coincide con el diámetro exterior.

Un tornillo y una tuerca que roscan tienen siempre la misma rosca y, por lo tanto, el mismo diámetro nominal.





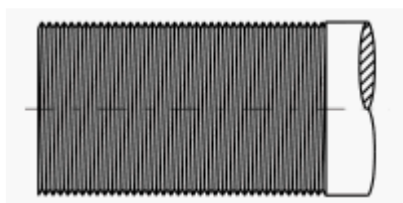
PERFIL DE ROSCA

El Perfil de la rosca es la forma de la sección que se obtiene cortando el elemento roscado por un plano que contiene a eje del elemento. Según la función de la rosca, existen distintos tipos de perfiles

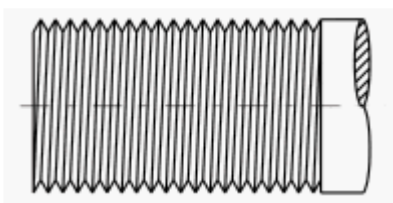
- ROSCA METRICO ISO
- ROSCA WITHWORTH
- ROZCA TRAPEZODAL
- ROSCA REDONDA
- ROSCA EN DIENTES DE SIERRA

PASO DE LA ROSCA

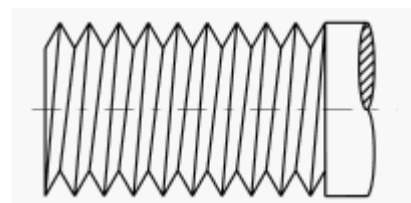
Es la distancia que avanza un tornillo por cada vuelta que gira.



Paso fino



Paso normal



Paso grueso

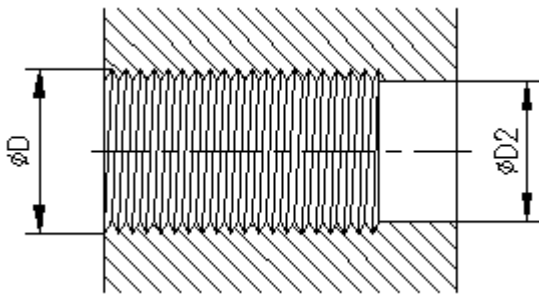
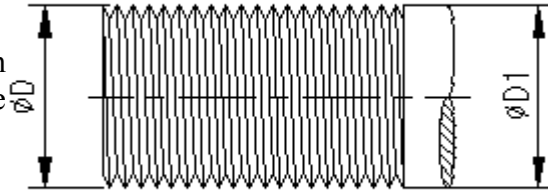
El avance axial es pequeño. Se necesita girar muchas veces el elemento para conseguir avances importantes. Es el de uso corriente en la tortillería.

El avance axial es muy grande en cada giro de la rosca. Se utiliza en roscas para desplazamiento como por ejemplo los husillos de los tornos.

NUMERO DE HILOS

La rosca de varios hilos se obtiene al intercalar varias ranuras helicoidales idénticas desfasadas entre si un ángulo igual a 360° dividido por el número de hélices.

Si se quiere conseguir un paso elevado con un diámetro nominal pequeño, se disminuye considerablemente el núcleo del tornillo.

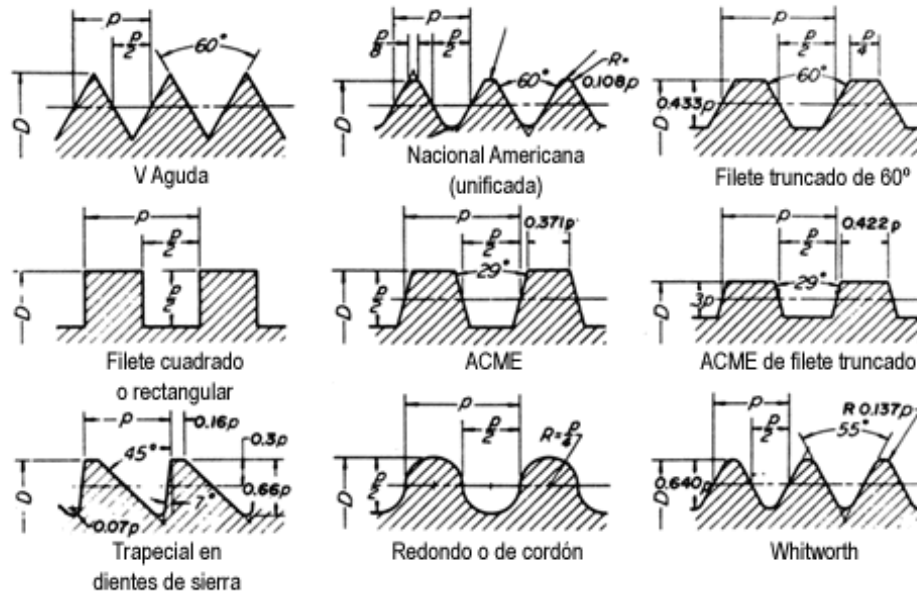


El paso es igual a la división multiplicada por el número de hilos

Al aumentar el número de hilos se aumenta la sección resistente del tornillo.

TIPOS DE ROSCAS

Existen varios tipos de rosca, como por ejemplo las roscas métricas (M), la rosca unificada fina (UNF), la rosca unificada normal (corriente) (UNC), la rosca Witworth de paso fino (BSF), la rosca Witworth de paso normal (BSW o W), entre otras. Las diferencias se basan en la forma de los filetes que los hacen más apropiados para una u otra tarea, las roscas indicadas son las más utilizadas en elementos de unión. En la figura siguiente se aprecian varias formas de roscas, los filetes triangulares son utilizados en pernos y tuercas, los filetes redondos son utilizados en uniones rápidas de tuberías, finalmente las roscas rectangulares en general se utilizan para ejercer fuerza en prensas.



DESIGNACION DE LAS ROSCAS

La designación de las roscas se hace por medio de su letra representativa e indicando la dimensión del diámetro exterior y el paso. Este último se indica directamente en milímetros para la rosca métrica, mientras que en la rosca unificada y Whitworth se indica a través de la cantidad de hilos existentes dentro de una pulgada.

Por ejemplo, la rosca M 3,5 x 0,6 indica una rosca métrica normal de 3,5 mm de diámetro exterior con un paso de 0,6 mm. La rosca W 3/4 ''- 10 equivale a una rosca Whitworth normal de 3/4 pulg de diámetro exterior y 10 hilos por pulgada.

La tabla siguiente entrega información para reconocer el tipo de rosca a través de su letra característica, se listan la mayoría de las roscas utilizadas en ingeniería mecánica.

Es posible crear una rosca con dimensiones no estándares, pero siempre es recomendable usar roscas normalizadas para adquirirlas en ferreterías y facilitar la ubicación de los repuestos. La fabricación y el mecanizado de piezas especiales aumenta el costo de cualquier diseño, por lo tanto se recomienda el uso de las piezas que están en plaza.

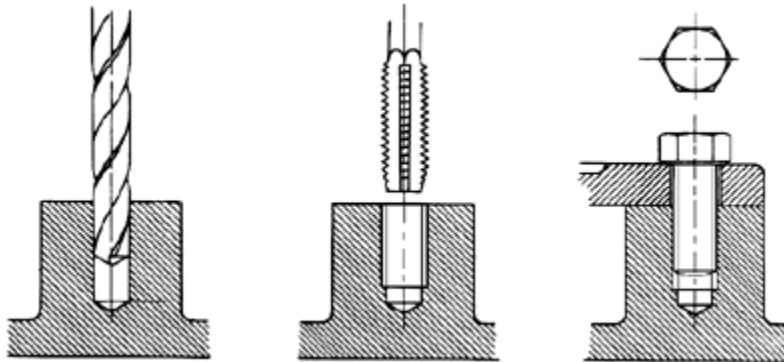
Con respecto al sentido de giro, en la designación se indica "izq" si es una rosca de sentido izquierdo, no se indica nada si es de sentido derecho. De forma similar, si tiene más de una entrada se indica "2 ent" o "3 ent". Si no se indica nada al respecto, se subentiende que se trata de una rosca de una entrada y de sentido de avance derecho.

En roscas de fabricación norteamericana, se agregan más símbolos para informar el grado de ajuste y tratamientos especiales

FABRICACION DE UNA ROSCA

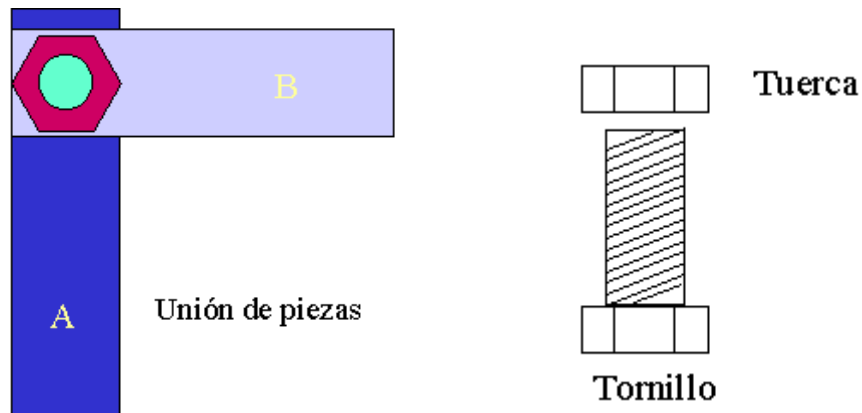
Para proceder a la fabricación de una rosca se pueden seguir al menos tres caminos: forjar la rosca a través de peines, tornearla o maquinarla usando machos y terrajas. La figura siguiente muestra el proceso de fabricación de una rosca interior utilizando una broca para perforar el diámetro interior y un macho para cortar el hilo en la pared de la perforación.

Los machos son utilizados para formar hilos interiores, mientras que las terrajas son utilizadas para roscas exteriores.



Las roscas se pueden emplear para:

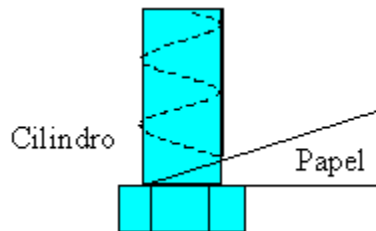
a) Unir piezas de manera permanente o temporal, éstas pueden tener movimiento o quedar fijas. La unión se hace por medio de tornillos y tuercas, elementos que contienen una rosca. Para que un tornillo sea acoplado con su tuerca ambos deben tener las medidas adecuadas y el mismo tipo de rosca.



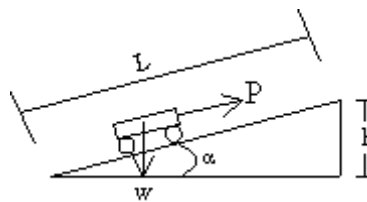
b) Generar movimiento en máquinas o en transportadores. Los mejores ejemplos de esta aplicación se tiene en los tornos, en los que por medio de un tornillo sinfín se puede mover el carro o en los elevadores de granos en los que por medio de un gusano se transportan granos de diferentes tipos.



La forma más sencilla de entender y explicar el funcionamiento de una rosca es la siguiente: Imagine que enrolla en un perno cilíndrico recto un triángulo rectángulo de papel. La trayectoria que sigue la hipotenusa del triángulo es una hélice que se desarrolla sobre la superficie del cilindro, esa es la rosca que nos sirve para fijar o transportar objetos.



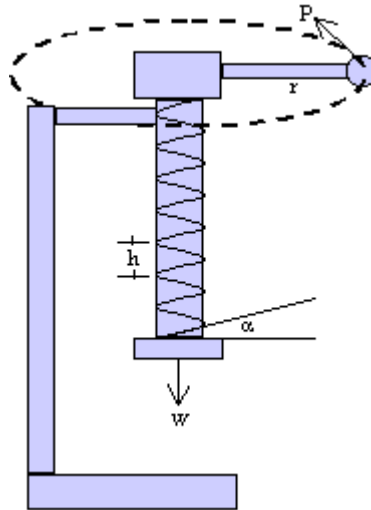
El mismo papel que se enrolló sobre el cilindro del tornillo nos indica que las roscas actúan como un plano inclinado, pues al deslizarse la tuerca por las orillas de la rosca se está siguiendo la trayectoria de un plano inclinado, del cual su fórmula elemental es:



$$P \times L = W \times h$$

- P = fuerza aplicada
- L = longitud del plano inclinado
- W = fuerza generada
- h = altura del plano inclinado

Lo anterior se puede reflejar en la fuerza que se generaría en una prensa de husillo como se puede observar a continuación.



Las orillas de la rosca en el tornillo actúan como el plano inclinado. Por cada vuelta que se da a la manivela se logra un avance de "h", generando una fuerza de "W", todo esto producto de la fuerza aplicada en la manivela "P" en una trayectoria igual al perímetro "2Pi x r". Con lo anterior se puede construir la siguiente expresión.

$$P \times 2\pi \times r = W \times h$$

Por ejemplo: si se aplica en una prensa como la mostrada, con avance "h" en cada vuelta de 2 mm, brazo de palanca "r" de 200 mm y si se aplica una fuerza "P" de 15 kg, se tendrá.

Sustituyendo en la ecuación de la prensa

$$(15)(2)(3.14)(200) = W(2)$$

Despejando "W"

$$W = 9,420 \text{ kg}$$

Como la fricción en la rosca genera una pérdida de la fuerza de un 40% se tendrá:

$$W = 9,420 \times 0.6 = 5,652 \text{ kg}$$

Lo anterior implica que con nuestra pequeña prensa y 15 kg, se obtengan más de 5.5 toneladas de fuerza.



Rosca aguda



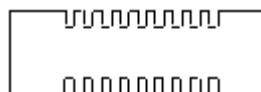
Rosca redondeada



Rosca trapecial



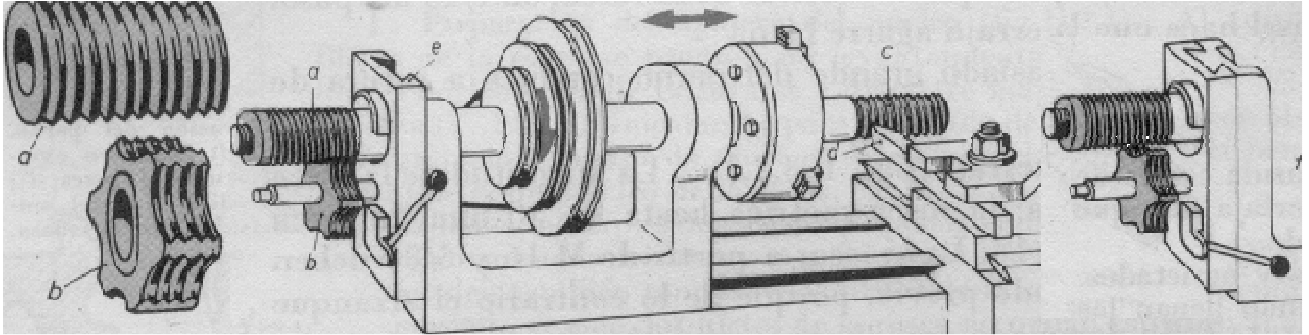
Rosca de sierra



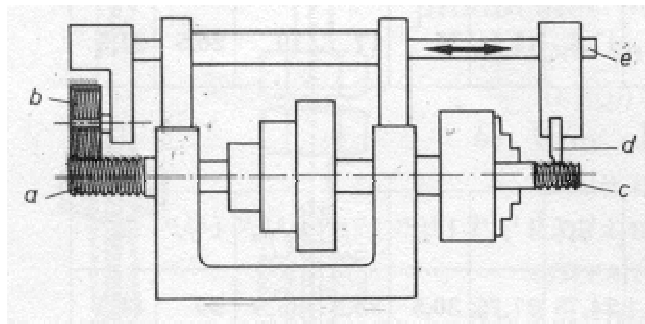
Rosca cuadrada

FABRICACIÓN DE ROSCAS POR MEDIO DEL TORNO

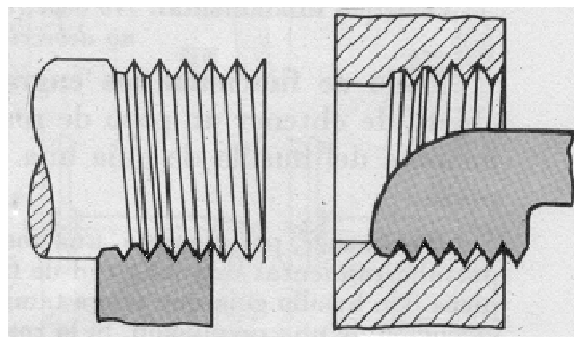
Se puede utilizar un torno de plantilla con husillo de trabajo móvil, como el que se muestra en la figura.



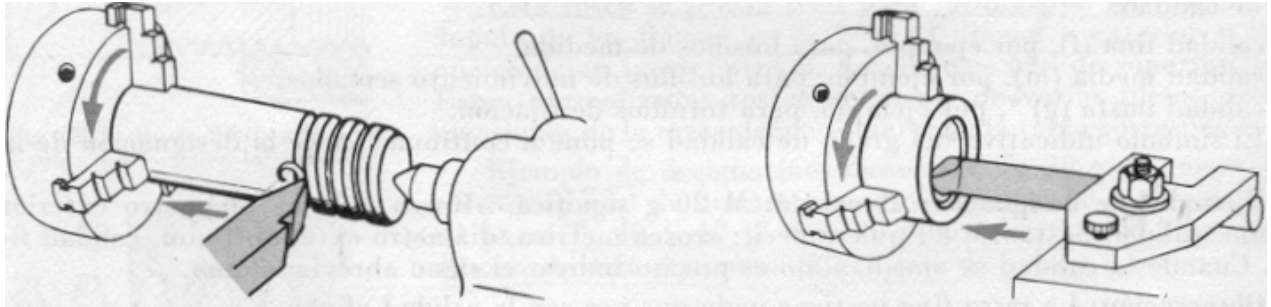
Como se puede observar en el extremo izquierdo del husillo principal se coloca una plantilla con la rosca que se quiere fabricar (a), ésta se acopla a una tuerca (b) que sirve de guía al husillo principal del torno. Observe que el husillo es el que se desplaza o avanza de acuerdo a lo que requiere la plantilla, como lo demandaría un tornillo acoplándose a su tuerca, mientras que el útil de roscar está inmóvil.



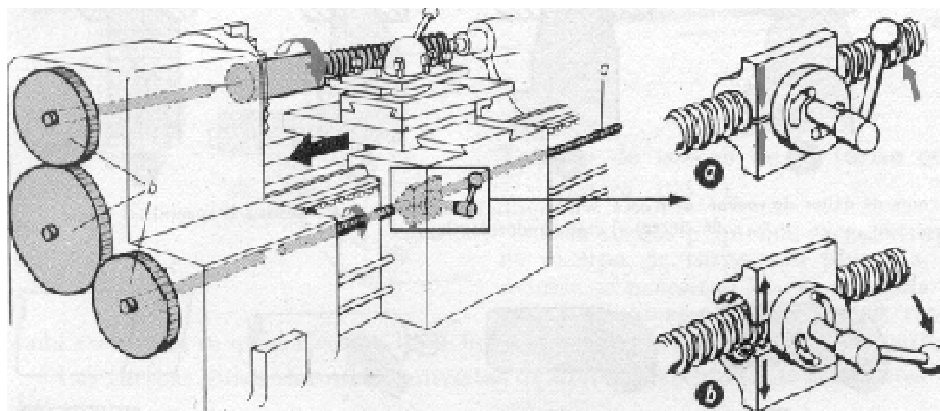
En este tipo de tornos se pueden utilizar como útiles con varias puntas como los peines de roscar.



Por lo regular las roscas en los tornos se realizan por medio de varias pasadas no se recomienda desbastar en reversa.

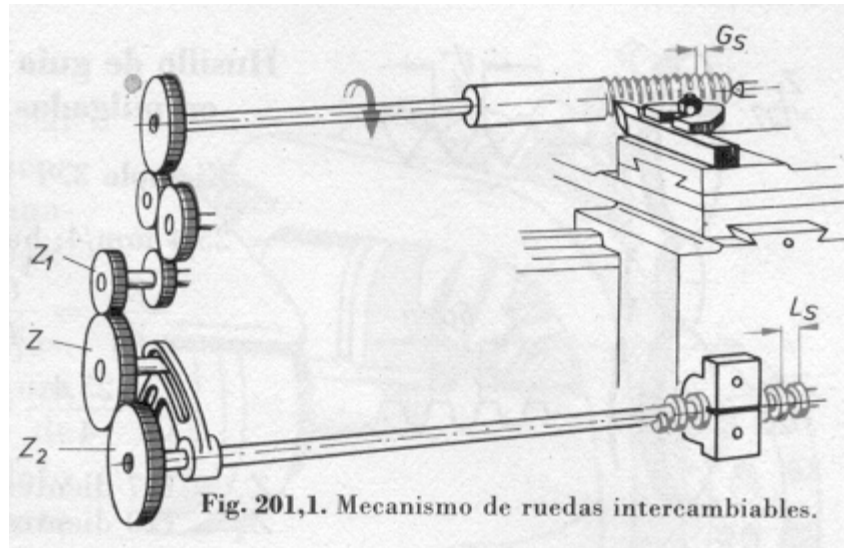


Para el tallado de roscas también se pueden utilizar tornos de tipo horizontal, para ello se debe usar el husillo de guía y la tuerca matriz de los tornos horizontales. Observe en el dibujo, como se acoplan el husillo de roscar y el husillo principal por medio de los engranes de velocidades y como funciona la tuerca que cierra las mordazas. Esto hace que el carro del torno se mueva de acuerdo a el husillo de roscar.



Para lograr la fabricación de una rosca con el paso requerido, es necesario que se guarde la relación de revoluciones adecuada entre el husillo guía o de roscar y las de la pieza. Por ejemplo si se requiere tallar una rosca con paso de 4 mm el carro deberá tener un avance de 4 mm por cada revolución, si el husillo de roscar en cada vuelta avanza 4 mm la relación será de uno a uno. Pero si el husillo de roscar avanza 8 mm en cada revolución, éste deberá sólo dar media vuelta, mientras el husillo principal debe dar una vuelta, por lo que puede decirse que se requiere una relación de dos a uno, pues por cada vuelta de 8 mm que dé el husillo de roscar, la pieza deberá haber dado una, avanzando 4 mm.

El ajuste de las relaciones se logra por medio del cambio de las ruedas dentadas que transmiten el movimiento del husillo principal al husillo de roscar. Lo anterior se puede observar en el siguiente dibujo.



G_s = paso de la rosca a tallar

L_s = paso del husillo de roscar

Z_1 = número de dientes del engrane del husillo principal

Z_2 = número de dientes del engrane del husillo de roscar

Z = rueda intermedia sin influencia en el cambio de revoluciones

DIAMETROS DE BROCAS PARA MACHUELEAR

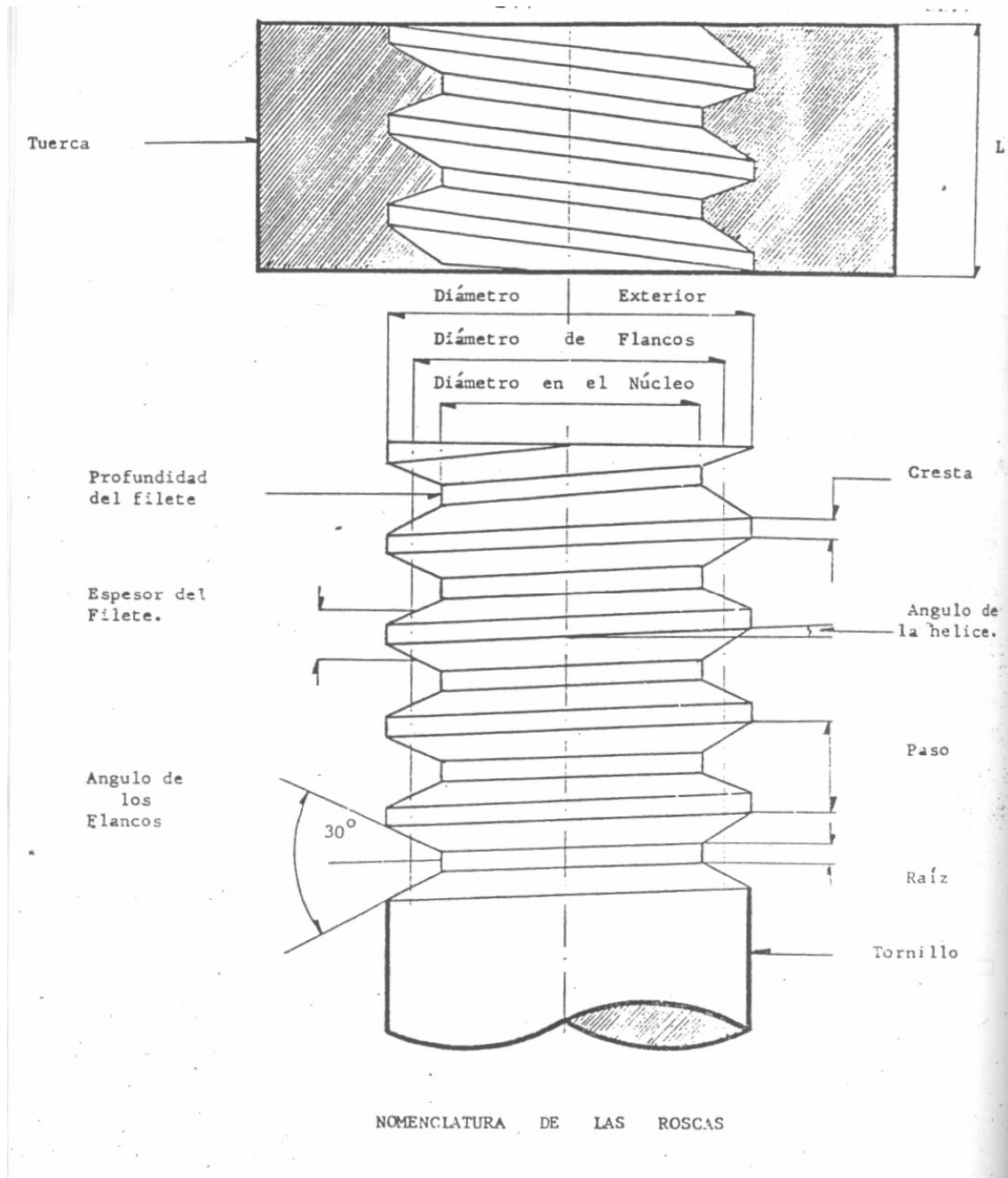
ROSCA UNIFICADA		
MACHUELO	HILOS/PULGADA	φ BROCA (pulgadas)
1/16	64 NS	3/64
3/32	48 NS	49
1/8	40 NS	38
5/32	32 NS	1/8
5/32	36 NS	30
3/16	24 NS	26
3/16	32 NS	22
7/32	24 NS	16
7/32	32 NS	12
1/4	20 NC	7
1/4	28 NF	3
5/16	18 NC	F
5/16	24 NF	I
3/8	16 NC	5/16
3/8	24 NF	Q
7/16	14 NC	U
7/16	20 NF	25/64
1/2	13 NC	27/64
1/2	20 NF	29/64
9/16	12 NC	31/64
9/16	18 NF	33/64
5/8	11 NC	17/32
5/8	18 NF	37/64
11/16	11 NS	19/32
11/16	16 NS	5/8
3/4	10 NC	21/32
3/4	16 NF	11/16
13/16	10 NS	23/32
7/8	9 NC	49/64
7/8	14 NF	13/16
7/8	18 NS	53/64
15/16	9 NS	53/64
1	8 NC	7/8
1	14 NF	15/16
1 1/8	7 NC	63/64
1 1/8	12 NF	1 3/64
1 1/4	7 NC	1 7/64
1 1/4	12 NF	1 11/64
1 3/8	6 NC	1 13/64
1 3/8	12 NC	1 19/64
1 1/2	6 NC	1 11/32
1 1/2	12 NF	1 27/64
1 5/8	5 1/2 NS	1 29/64
1 3/4	5 NC	1 9/16
1 7/8	5 NS	1 11/16
2	4 1/2 NC	1 25/32

ROSCA NPT PARA TUBO		
MACHUELO	HILOS/PULGADA	φ BROCA (pulgadas)
1/16	27,0	D
1/8	27,0	R
1/4	18,0	7/16
3/8	18,0	37/64
1/2	14,0	45/64
3/4	14,0	59/64
1	11,5	1 5/32
1 1/4	11,5	1 1/2
1 1/2	11,5	1 47/64
2	11,5	2 7/32

ROSCA METRICA ISO		
MACHUELO	PASO (mm)	φ BROCA (mm)
1,6	0,35	1,25
1,8	0,35	1,45
2,0	0,40	1,60
2,2	0,45	1,75
2,5	0,45	2,05
3,0	0,50	2,50
3,5	0,60	2,90
4,0	0,70	3,30
4,5	0,75	3,70
5,0	0,80	4,20
6,0	1,00	5,00
7,0	1,00	6,00
8,0	1,25	6,80
9,0	1,25	7,80
10,0	1,50	8,50
11,0	1,50	9,50
12,0	1,75	10,20
14,0	2,00	12,00
16,0	2,00	14,00
18,0	2,50	15,50
20,0	2,50	17,50
22,0	2,50	19,50
24,0	3,00	21,00
27,0	3,00	24,00
30,0	3,50	26,50
33,0	3,50	29,50
36,0	4,00	32,00
39,0	4,00	35,00
42,0	4,50	37,50
45,0	4,50	40,50
48,0	5,00	43,00
52,0	5,00	47,00

NUMERO DE ROSCA		
MACHUELO	HILOS/PULGADA	φ BROCA
0	80 NF	3/64
1	64 NC	53
1	72 NF	53
2	56 NC	51
2	64 NF	49
3	48 NC	46
3	56 NF	45
4	36 NS	44
4	40 NC	43
4	48 NF	42
5	40 NC	38
5	44 NF	37
6	32 NC	36
6	40 NF	33
8	32 NC	29
8	36 NF	29
10	24 NC	25
10	32 NF	21
12	24 NC	16
12	28 NF	14

COMPONENTES DE UNA ROSCA



CALCULO DE TORNILLOS Y TUERCAS

1° Esfuerzo de cizallamiento

$$Q = \sigma \cdot Z \cdot S$$

Donde:

σ = resistencia a la tensión del material constitutivo

Z = numero de hilos

S = área resistente por hilo

$$S = \frac{\pi \cdot D_m \cdot P}{2}$$

Donde:

Dm = diámetro medio

P = paso

2° Esfuerzo de tensión

$$F = \sigma \cdot S$$

$$10 < \sigma < 30 \frac{d \alpha N}{mm^2}$$

Donde:

σ = resistencia a la tensión

S = sección del núcleo

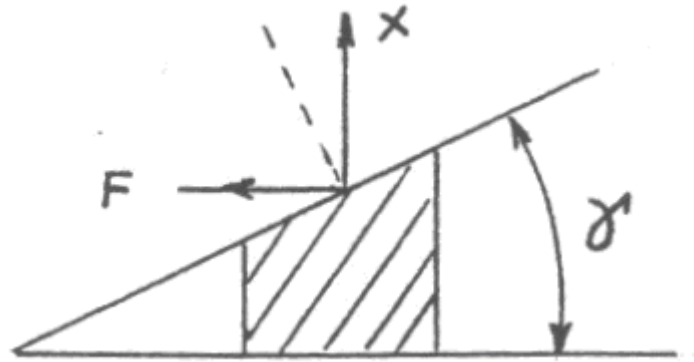
$$S = \pi \cdot r_n^2$$

Donde: r_n = radio del núcleo

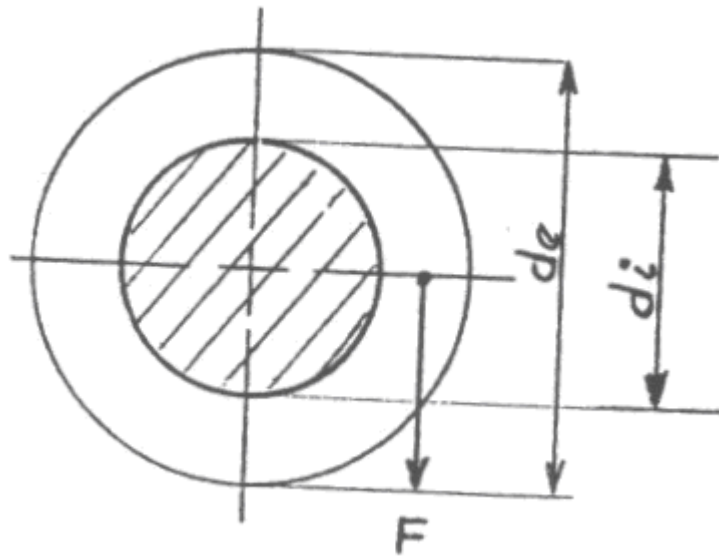
3° Presión de contacto sobre los hilos

$$\sigma_p = \frac{F}{\pi \frac{(de^2 - di^2)}{4} Z} = \frac{4F}{\pi (de^2 - di^2) Z}$$

4º Cálculo del apriete C_1



X = tensión sobre el tornillo
 γ = ángulo de la hélice



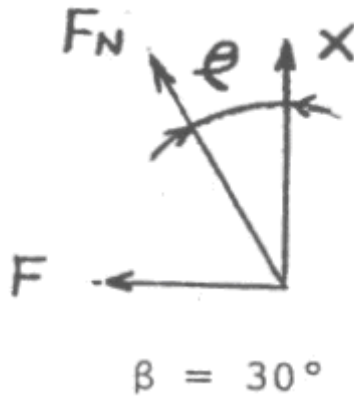
$$C_1 = F \cdot r_m$$

$$F = x \cdot \operatorname{tg} \gamma$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{P}{2\pi \cdot r_m}$$

$$\therefore C_1 = \frac{X}{2} \cdot \frac{P}{\pi}$$

Además de C_1 intervienen los parásitos C_2 y C_3 (por fricción).



F_N = fuerza que provoca la fricción normalmente al filete o hilo

$$C_2 = F_N \cdot \mu_1 \cdot \frac{D_m}{2}$$

$$C_2 = \frac{X}{\cos \beta} \cdot \mu_1 \cdot \frac{D_m}{2}$$

D_m = diámetro medio del tornillo

Cuando se rosca o ensambla con aceites o fosfatos $\mu_1 = 0.26$

C_2 es originado por la fricción entre el filete macho y el filete hembra.

$$C_3 = X \cdot \mu_2 \cdot \frac{d_m}{2}$$

d_m = diámetro medio de la tuerca

$\mu_2 = 0.16$ para condiciones similares a los materiales en contacto (tuerca/roldada)

El par de apriete total se calculara aplicando:

$$C = X \left[\frac{P}{2\pi} + \frac{\mu_1}{\cos \beta} \cdot \frac{D_m}{2} + \frac{\mu_2 d_m}{2} \right]$$

ESFUERZO ADMISIBLE PARA LOS ENSAMBLES POR:

"TORNILLO"

	XC 45	XC 60	XC 80
TENSION	14 á 21	21 á 31	23 á 42
COMPRESION	14 á 21	21 á 31	21 á 39

TABLA II

CARACTERISTICAS DIMENSIONALES DE LOS TORNILLOS

ISO PERFIL METRICO:

Ø	TORNILLO			TUERCA	
	Sección del nucleo	Diámetro (D) medio	Superficie proy. l filete	Diámetro (D) medio	PASO
M 18	32.9	7.19	17.3	10.5	1.25
M 10	52.3	9.02	26.24	13.5	1.50
M 12	76.2	10.86	46.9	15.5	1.75
M 14	105	12.70	48.9	18	2
M 16	144	14.7	57	20	2
M 18	175	16.37	79.4	22.5	2.5
M 20	225	18.37	89.16	25	2.5
M 24	324	22.05	128.4	30	3
M 30	519	27.72	187.86	38	3.5

TABLA III

CARACTERISTICAS DIMENSIONALES DE LOS TORNILLOS A PERFIL TRAPEZOIDAL

CON P 0.125 d

Ø	PASO	Sección del nucleo	Superficie proy. l filete	Diam. medio Tornillo	Diam. medio Tuerca
20	3	213.8	100.36	18.25	28
24	3	330.06	122.3	22.25	35
24	4	298.6	153.8	21.75	35
30	5	471.44	235.42	27.25	42

jom.

"Art's et Metiers"

TABLA IV

Presión admisible para los sistemas de tornillo tuerca utilizados en los montajes de maquinado y apriete con llave.

XC45 TH+R	XC60 TH+R	35CD4 TH + ranurado+revenido	Bronce, aluminio, Fe tratado
$T_{ADM} = 14 - 21 \frac{daN}{mm^2}$	$\sigma_{ADM} = 21 - 30 \frac{daN}{mm^2}$	$\sigma_{ADM} = 35 - 60 \frac{daN}{mm^2}$	$\sigma_{ADM} = 16 \frac{daN}{mm^2}$
$T_{ADMEDIO} = 17 \frac{daN}{mm^2}$	$\sigma_{ADMEDIO} = 26 \frac{daN}{mm^2}$	$\sigma_{ADMEDIO} = 42 \frac{daN}{mm^2}$	
$P_{ADM} = 5.1 \frac{daN}{mm^2}$	$P_{ADM} = 7.8 \frac{daN}{mm^2}$	$P_{ADM} = 12.6 \frac{daN}{mm^2}$	$P_{ADM} = 5 \frac{daN}{mm^2}$

TABLA V

Cargas medias admisibles en función del par de apriete para ensambles por tornillo

F = fuerza axial admisible en daN

C = par de apriete en mm*daN

Referencia	XC45 $\sigma = 17 \frac{daN}{mm^2}$	XC60 $\sigma = 26 \frac{daN}{mm^2}$	XC80 $\sigma = 32 \frac{daN}{mm^2}$
M8	C = 1.2	C = 1.8	C = 2.2
	F = 560	F = 855	F = 1050
M0	C = 1.9	C = 2.9	C = 3.6
	F = 890	F = 130	F = 1670
M12	C = 3.2	C = 4.9	C = 6
	F = 1290	F = 1980	F = 2400
M14	C = 5.1	C = 7.95	C = 9.75
	F = 1780	F = 2740	F = 3360
M16	C = 5.95	C = 12.1	C = 14.9
	F = 2450	F = 3740	F = 4600
M18	C = 10.9	C = 16.7	C = 20.5
	F = 2975	F = 4550	F = 5600
M20	C = 15.5	C = 23.7	C = 29.2
	F = 3825	F = 5850	F = 7200
M24	C = 26.75	C = 40.95	C = 50.4
	F = 5500	F = 8420	F = 10370
M30	C = 53.7	C = 82.2	C = 101.1
	F = 8820	F = 13500	F = 16600

Método aproximado practico:

Tomar para tornilleria normal

$$F \approx 10d^2$$

$$C \approx 2.5d^3$$

Para la tornilleria a alta resistencia

$$F = 16d^2$$

$$C = 4d^3$$

TIEMPOS DE MECANIZADO (VELOCIDADES DE CORTE)

Material	Refrendado, torneado, rectificación					
	Desbastado		Acabado		Roscado	
	pies/min.	m/min.	pies/min.	m/min.	pies/min.	m/min.
Acero de máquina	90	27	100	30	35	11
Acero de herramienta	70	21	90	27	30	9
Hierro fundido	60	18	80	24	25	8
Bronce	90	27	100	30	25	8
Aluminio	200	61	300	93	60	18

LOS ESFUERZOS UTILIZADOS CON MOTOR FRECUENCIA SON:

ACERO	1045	1060	4140
R_t^* daN/mm ²	68	82	104
$\sigma_{m\acute{a}x}$ daN/mm ²	17	20	26

LA SIGUIENTE TABLA REUNE LAS CARACTERISTICAS MAS SOBRESALIENTES EN EL CALCULO DE TORNILLOS PARA EL CASO DE CALCULO DE ROSCA METRICA PERFIL ISO

d o D mm	Paso mm	Sección del Núcleo en mm ²	Diámetro de contacto mm		Diámetro medio mm d_m	Tangente del ángulo de hélice $\tan \alpha$	Angulo de hélice α°	FUERZA AXIAL T MAXIMA daN		
			d_e	d_i				SEGUN TIPO DE ACERO		
								1045	1060	4140
6	1	17,9	6	4,91	5,45	0,0594	3,399	304	358	465
8	1,25	32,9	8	6,64	7,32	0,0553	3,16	560	658	855
10	1,5	52,3	10	8,37	9,18	0,0528	3,02	890	1046	1360
12	1,75	76,2	12	10,10	11,05	0,0512	2,93	1295	1520	1980
16	2	144	16	13,83	14,91	0,0433	2,47	2450	2880	3915
20	2,5	225	20	17,29	18,64	0,0433	2,47	3825	4500	6120
24	3	324	24	20,75	22,37	0,0433	2,47	5500	6480	8420
30	3,5	519	30	26,21	28,10	0,0401	2,30	8823	10380	13500
36	4	759	36	31,67	33,83	0,0381	2,18	12900	15180	19730

SOBRESPEORES PARA MAQUINADO PARTIENDO DE PIEZAS FUNDIDAS

MATERIAL	DIMENSION MAXIMA DE LA PIEZA	COTA NOMINAL						
		≤ 25	> 25 ≤ 63	> 63 ≤ 100	> 100 ≤ 160	> 160 ≤ 250	> 250 ≤ 400	> 400 ≤ 630
FUNDICION GRIS	≤ 250	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0		
– Modelo Independiente	> 250 ≤ 630	4.5	5.0	5.0	5.5	6.0	7.0	7.5
– Moldeo manual	> 630 ≤ 1600	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.5
FUNDICION GRIS	≤ 250	3.0	3.0	3.5	3.5	4.0		
– Modelos de madera sobre placa	> 250 ≤ 630	4.0	4.5	4.5	5.0	5.0	5.5	6.0
	> 630 ≤ 1600	4.5	5.0	5.0	5.0	5.5	6.0	6.5
FUNDICION GRIS	≤ 250	2.5	3.0	3.0	3.0	3.5		
– Modelos placa	> 250 ≤ 630	3.5	4.0	4.0	4.5	4.5	5.0	5.5
– Modelos metálicos	> 630 ≤ 1600	4.0	4.5	4.5	5.0	5.0	5.5	6.0
– Moldeo mecánico								
ACERO	≤ 250	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0		
– Modelo de madera sobre placa	> 250 ≤ 1000	5.5	6.0	6.0	7.0	7.0	7.0	8.0
	> 1000	6.0	6.5	6.5	7.0	7.0	8.0	9.0
ACERO	≤ 250	4.0	4.0	4.0	4.0	6.0		
– Modelo placa	> 250 ≤ 1000	4.0	4.0	4.0	5.0	6.0	6.5	7.0
– Modelo metálico	> 1000	5.0	5.0	5.0	5.0	7.0	7.0	8.0
– Moldeo mecánico								

MOLDEO	FUNDICION ALEADA	ALEACIONES de Al		ALEACIONES de Cu	ALEACIONES de Zn
		Al - Si	otras		
En arena	≈ Fundición gris	≈ Fundición gris	≈ Acero	≈ Acero	–
En cáscara por gravedad	–	± 0.3 a 1.0	± 0.4 a 1.0	± 0.6 a 1.2	± 0.15 a 0.25
Bajo presión	–	≈ js 11	≈ js 12	≈ js 13	≈ js 10

BIBLIOGRAFIA

- MALISHEV NIKDAIER SHUVALOU
TECNOLOGIA DE LOS METALES
EDIT. MIR
- G. PEACEY VC ENPROF
EL ALTO HORNO DE HIERRO
EDIT. LIMUSA
- L. FELLE JOHN
METALISTERIA
EDIT. MC. GRAW HILL
- F.R. MORIAL – E. JIMENEZ
METALURGIA GENERAL TOMO I
EDIT. REVERSE
- SEYBOT Y BURKE
TECNICAS DE METALURGIA
EDIT. LIMUSA
- JAN – HERENGEL
METALURGIA ESPECIAL
EDICIONES URMO
- CHARLES BURROGHS GIL
METALURGIA EXTRACTIVA NO FERROSA
EDIT. NORIEGA

- RAYMOND A. HIGGINS
INGENIERIA METALURGICA
EDIT. C. E. S. A.
- JOSE LUIS ANGUIANO GAMIÑO
PROCESOS DE MANUFACTURA II
- SERGIO A. VILLANUEVA PRUNEDA – JORGE RAMOS WATANAVE
MANUAL DE METODOS DE FABRICACION METALMECANICA
AGT EDITOR