

# IMPORTANCIA DE LA MICROESTRUCTURA EN EL DESGASTE DE ACEROS HERRAMIENTAS

Composición  
Química

Tratamiento  
térmico

Desgaste

Formación de  
carburos

Microestructuras

Austenita retenida

Tratamiento  
térmico subcero

Aceros  
pulvimetalurgicos

# DEFINICION, APLICACIONES Y PORCENTAJE DE CARBONO DE UN ACERO HERRAMIENTA

## Definición de un acero herramienta

- Aceros herramientas son aceros de alta calidad fabricados con una composición química controlada y procesados para ser utilizados en el proceso de trabajado y conformado de otros materiales.
- Los aceros para herramientas se usan para maquinari y formar otros materiales y generalmente se diseñan para tener alta dureza y gran resistencia al desgaste, bajo severas condiciones de servicio.

## Aplicaciones principales de los aceros herramienta

- Los aceros herramientas tienen aplicaciones en: cuchillas de corte, matrices para el troquelado y conformado de láminas, punzones y matrices para fabricación de pastillas, moldes para fabricación de plásticos, moldes para fundición por inyección, extrusión, forjado en caliente de metales, forjado a frío de piezas de acero, calibradores y patrones de calibración, etc.

## Porcentaje de carbono

- El porcentaje de carbono de estos aceros, varía entre un rango bastante amplio, desde valores muy bajos como 0.1%, hasta valores tan altos como 2.5% y muchos de ellos tienen elementos de aleación en su composición química, tales como el cromo, tungsteno, molibdeno, cobalto y vanadio.

# CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES REQUERIDAS POR LOS ACEROS HERRAMIENTAS

## Características principales requeridas

- Las características principales requeridas se consiguen mediante tratamientos térmicos, tratamiento termo-químico y tratamiento subcero.
- La mayoría de aceros herramientas utilizados son muy aleados y los tratamientos térmicos deben crear una distribución adecuada de carburos aleados en una matriz de martensita revenida.
- La microestructura obtenida después del temple y revenido, está formada principalmente por carburos eutécticos globulares o poligonales sobre una matriz de martensita revenida y austenita retenida.

## Clasificación de los aceros para herramientas

- Los diferentes tipos de aceros para herramientas se clasifican de acuerdo con la clasificación que realiza la **AISI** (American Iron and Steel Institute) y la **SAE** (Society of Automotive Engineers). **Los diversos tipos se designan por una letra que representa varias características: (a)** la composición química, **(b)** método de temple, **(c)** aplicaciones para usos industriales específicos.

# CLASIFICACIÓN AISI/ SAE DE LOS ACEROS HERRAMIENTAS, UTILIZANDO LETRAS

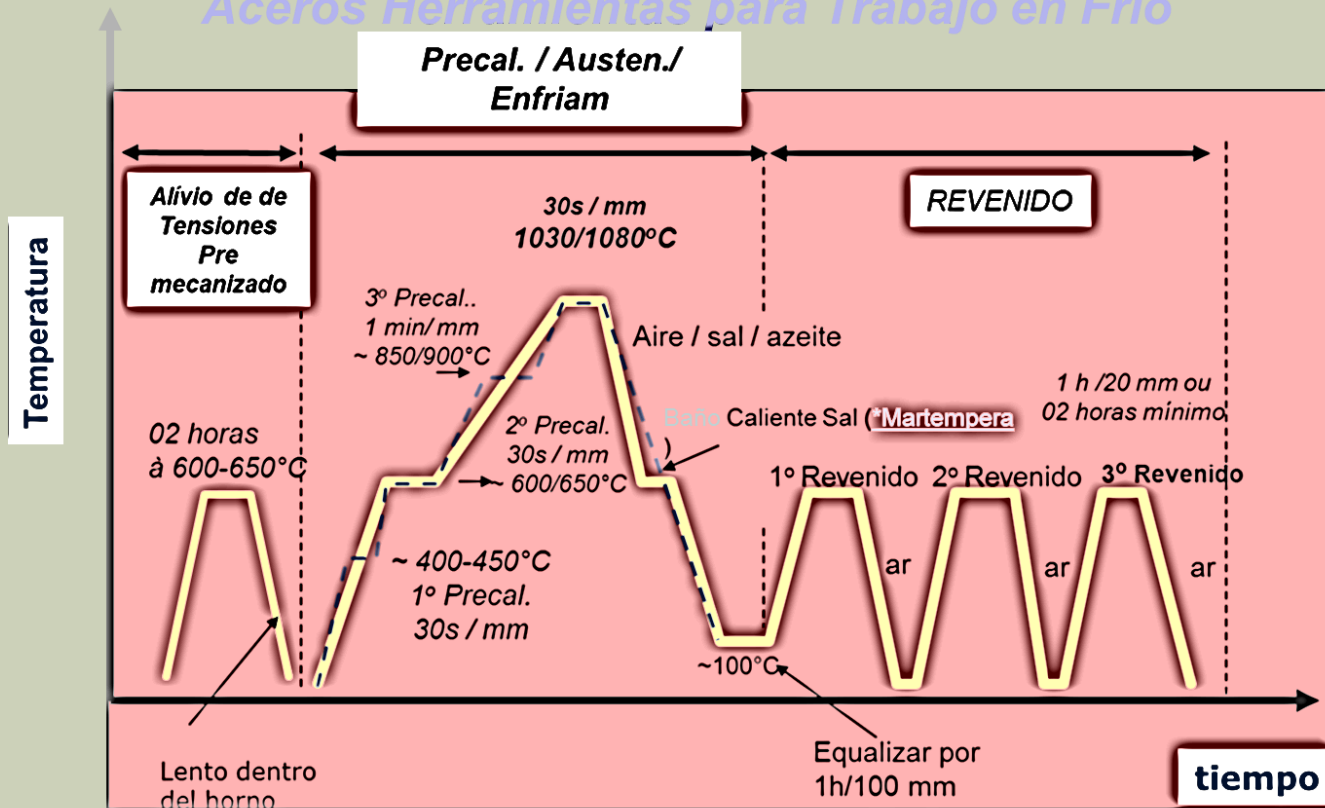
- **Endurecibles en agua, AISI tipo W**, (water-hardening tool steel)
- **Resistentes al impacto, AISI tipo S**, (shock-resistant tool steel)
- **Aceros para trabajo en frío** (cold work tool steels) incluyen tres clases de aceros: **AISI tipos O, A y D**.
- **Aceros para propósitos especiales, tipo L**, (special-purpose tool steels)
- **Aceros para moldear plástico**, (mold steels) **AISI tipo P**
- **Aceros para trabajos en caliente**, (hot work tool steels) **AISI tipo H**
- **Aceros rápidos, AISI tipo T o M** (high-speed tool steels) utilizados como herramientas para altas velocidades de corte y maquinado.

# COMPOSICION QUIMICA DE ALGUNOS ACEROS HERRAMIENTAS

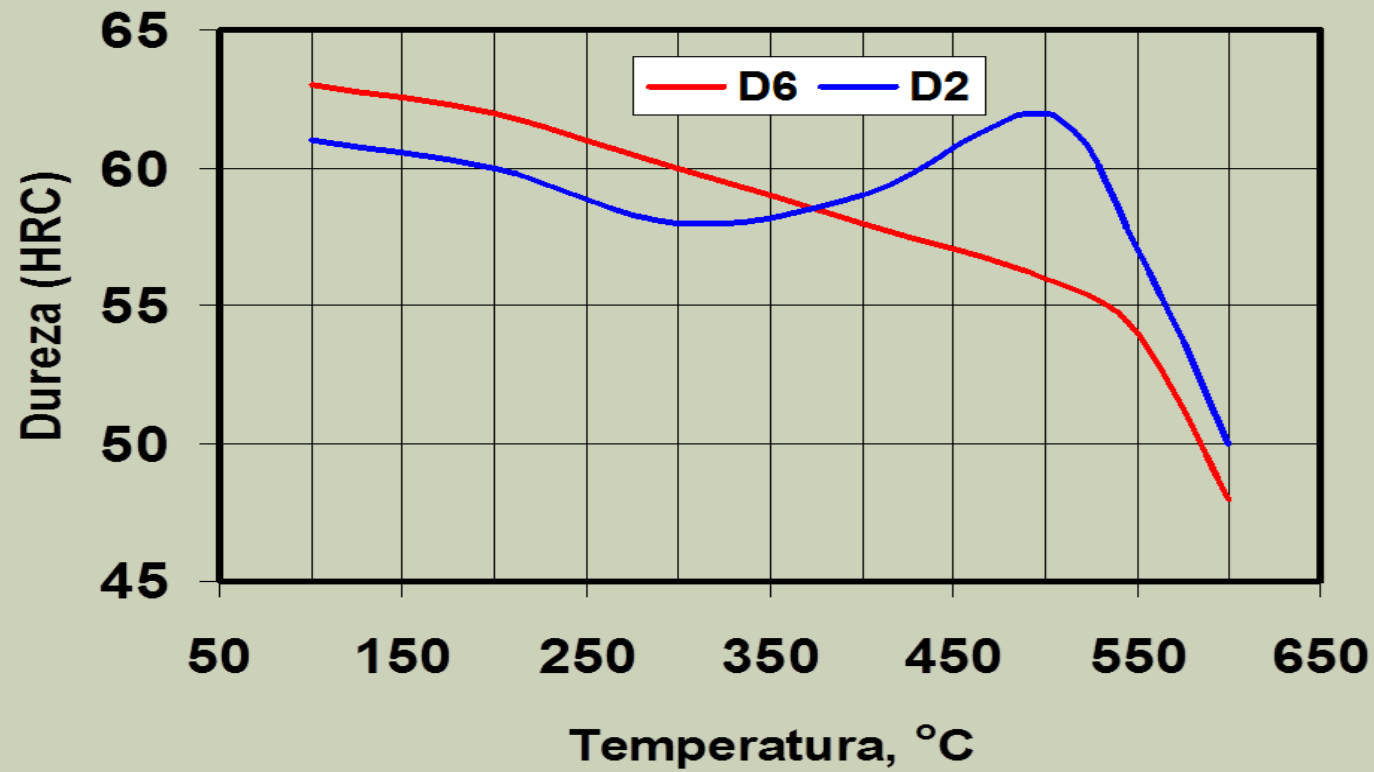
		(%)										
		C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	Co	Ti	
<b>1</b>	1045	1.1730	0.45	0.30	0.70	-	-	-	-	-	-	
	<b>A2</b>	<b>1.2363</b>	1.00	0.30	-	<b>5.30</b>	1.10	-	0.20	-	-	
	<b>O1</b>	<b>1.2510</b>	1.00	0.20	1.10	<b>0.60</b>	-	-	0.10	0.60	-	
<b>2</b>	60WCrV7	1.2550	0.60	0.60	-	1.10	-	-	0.20	2.00	-	
		1.2721	0.55	0.25	-	1.10	0.10	3.20	-	-	-	
	6F7	1.2767	0.45	0.25	-	1.40	0.30	4.00	-	-	-	
	O2	1.2842	0.90	0.20	2.00	0.40	-	-	0.10	-	-	
	<b>D3</b>	<b>1.2080</b>	2.00	0.30	0.80	12.00	-	-	-	-	-	
<b>3</b>	<b>D2</b>	<b>1.2379</b>	1.55	0.30	0.35	12.00	0.70	-	1.00	-	-	
	<b>D6</b>	<b>1.2436</b>	2.10	0.35	0.35	12.00	-	-	-	0.70	-	
<b>4</b>	MAR300	1.2709	0.03	-	-	-	5.00	18.00	-	-	10.00	1.00
<b>5</b>		1.3247	1.25	-	-	4.15	3.50	-	3.25	9.50	10.00	-
	M2	1.3343	0.90	-	-	4.00	5.00	-	1.90	6.40	-	-
<b>6</b>	H13	1.2344	0.40	0.40	-	5.30	1.40	-	1.00	-	-	-

# TRATAMIENTOS TERMICOS DE UN ACERO HERRAMIENTA UTILIZADO PARA TRABAJO A FRIO

Esquemático orientativo para Tratamiento Térmico de Aceros Herramientas para Trabajo en Frío



# CURVAS DE REVENIDO DE DOS ACEROS HERRAMIENTAS DE LA SERIE "D"



# DESGASTE ABRASIVO

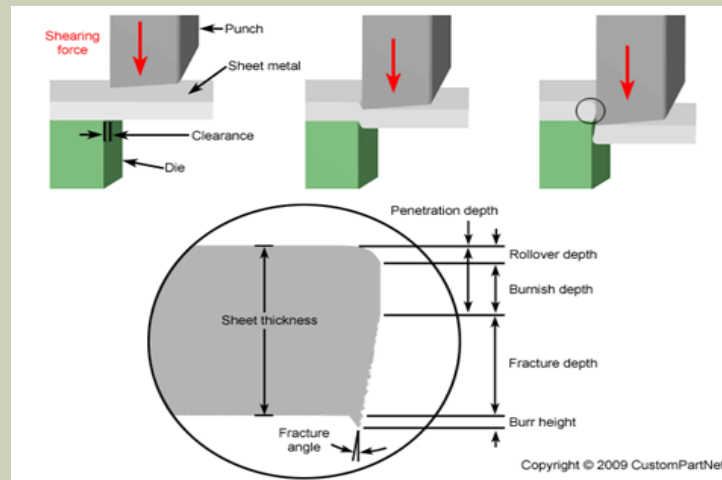
## **DESGASTE ABRASIVO, Definición:**

- Es el arranque de partículas sólidas pequeñas de las superficies en contacto, pertenecientes a piezas en movimiento relativo y como consecuencia de acciones mecánicas motivadas por el rozamiento.
- Se asume que el volumen de material arrancado por desgaste es proporcional al trabajo desarrollado por las fuerzas de rozamiento, debido a que éste es proporcional a la velocidad relativa de deslizamiento.
- El volumen de material arrancado por unidad de tiempo es proporcional a dicha velocidad relativa.
- El desgaste es un efecto no deseado y que a lo largo del tiempo deteriora un órgano mecánico sin que éste llegue necesariamente a la rotura.



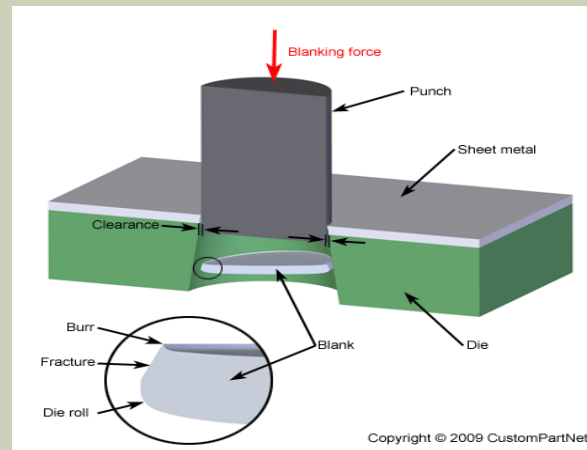
# CORTE SOBRE LA LAMINA DE ACERO, CON DESGASTE ABRASIVO DE LA CUCHILLA DE ACERO HERRAMIENTA

- En este caso el **corte de la cuchilla** permite la separación de la lámina en dos partes paralelas.
- Existe tolerancia entre la cuchilla y la lámina para facilitar la fractura del material. Esta tolerancia generalmente varía entre el 2-10% del espesor de la lámina y depende de diversos factores: proceso específico de corte, del material a ser cortado y espesor de la lámina.



# PUNZONADO SOBRE LA LAMINA DE ACERO, CON DESGASTE ABRASIVO DEL PUNZON DE ACERO HERRAMIENTA

- Para el **punzonado** de la lamina se utiliza un punzon y una matriz, ambos de acero herramienta.
- Una prensa hidráulica permite que el punzon impacte a gran velocidad sobre la lamina. Una tolerancia que varia entre 10-20% del espesor del material, debe existir entre el punzon y la matriz, para que el metal doble y se fracture.
- Es un proceso extremadamente rápido y en algunos casos la prensa hidráulica puede llegar a perforar mas de 1000 golpes por minuto.



# RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS ACEROS PARA TRABAJO A FRIO

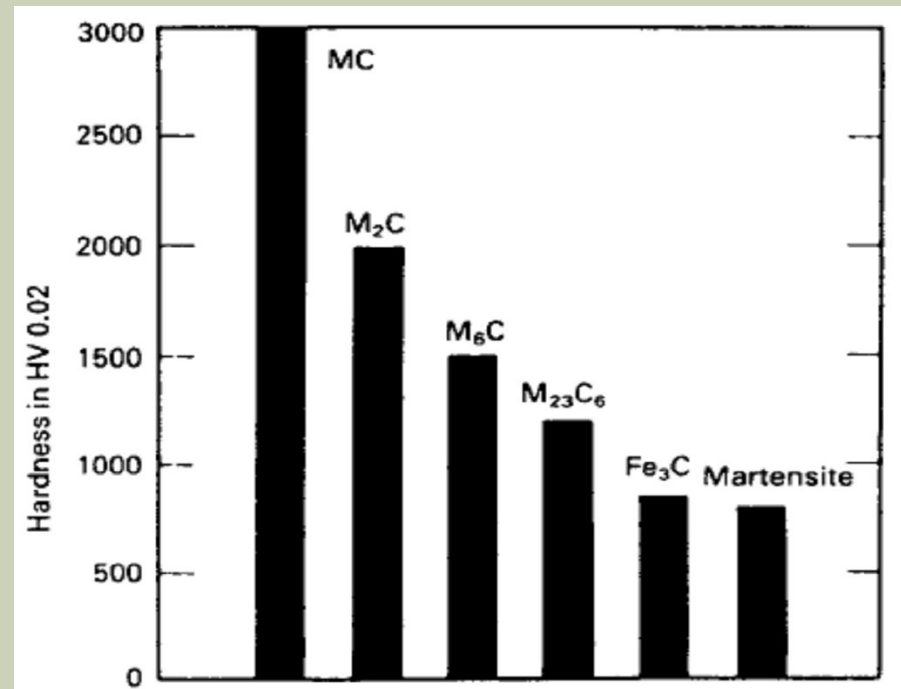
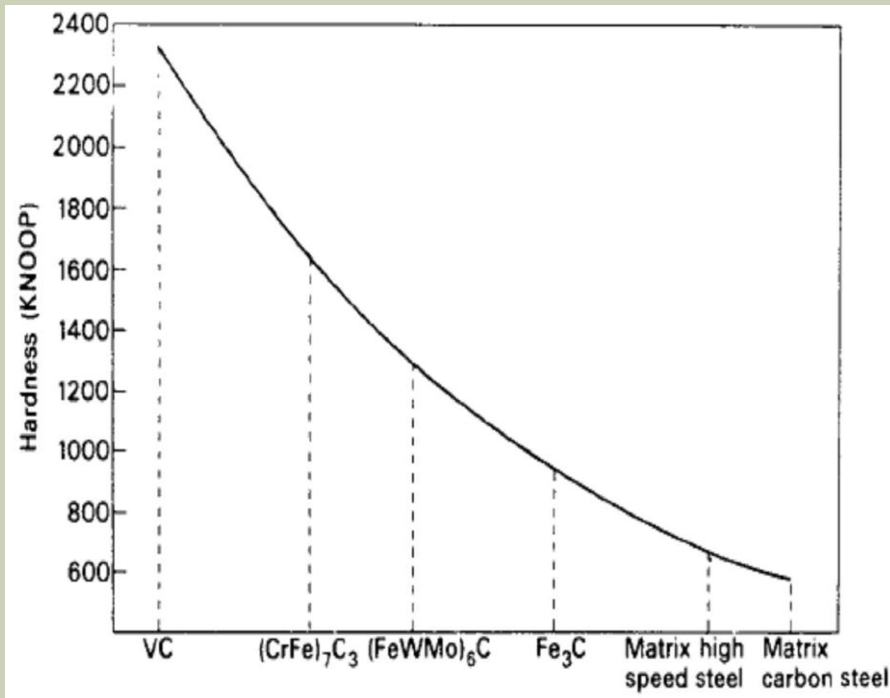
- La resistencia al desgaste de los aceros para herramientas aumenta con el incremento de la fracción en volumen y tipo de carburos formados.
- La resistencia al desgaste de un acero herramienta varia con la fracción de volumen de carburos y con la fracción volumétrica de la martensita que se forman durante el temple del acero.
- La resistencia al desgaste generada por los carburos metálicos de elementos de transición tienen valores muy altos de dureza y los aceros herramientas se fabrican y se seleccionan por producir grandes fracciones en volumen de dichos carburos.
- Actualmente los carburos se identifican y se cuantifican utilizando diversas técnicas experimentales como metalografía óptica, difracción de rayos x y microscopía electrónica de barrido con micro sonda electrónica incorporada o también por microscopía electrónica de transmisión.

# DUREZA DE CARBUROS PARA DIFERENTES ELEMENTOS DE ALEACIÓN

Cuando el contenido de Cr aumenta, la composición química y la estructura cristalina de los carburos cambia de  $M_3C$  a  $M_7C_3$  y de  $M_7C_3$  a  $M_{23}C_6$  para acomodar cantidades crecientes de átomos de cromo.

<b>Carburo</b>	<b>Dureza (HV)</b>	<b>Dureza (<math>\cong</math> HRC)</b>
<b>(Fe,Cr)<math>_7</math>C<math>_3</math></b>	<b>1200-1600</b>	<b>(72-77)</b>
<b>Mo<math>_2</math>C</b>	<b>1500</b>	<b>(76)</b>
<b>WC</b>	<b>2080</b>	<b>(81)</b>
<b>NbC</b>	<b>2400</b>	<b>(82)</b>
<b>VC</b>	<b>2950</b>	<b>(84)</b>

# VALORES DE MICRODUREZA DE DIVERSOS CARBUROS EN ACEROS HERRAMIENTAS





## INFLUENCIA DE LA MICROESTRUCTURA EN LA RESISTENCIA AL IMPACTO DE ACEROS HERRAMIENTA DE LA SERIE 'D'

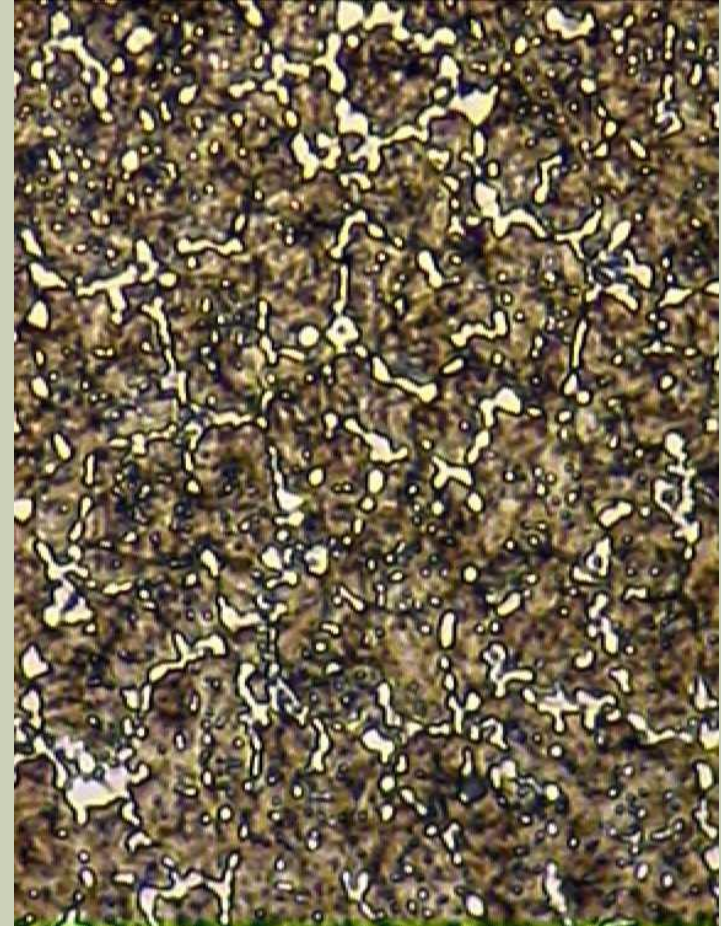
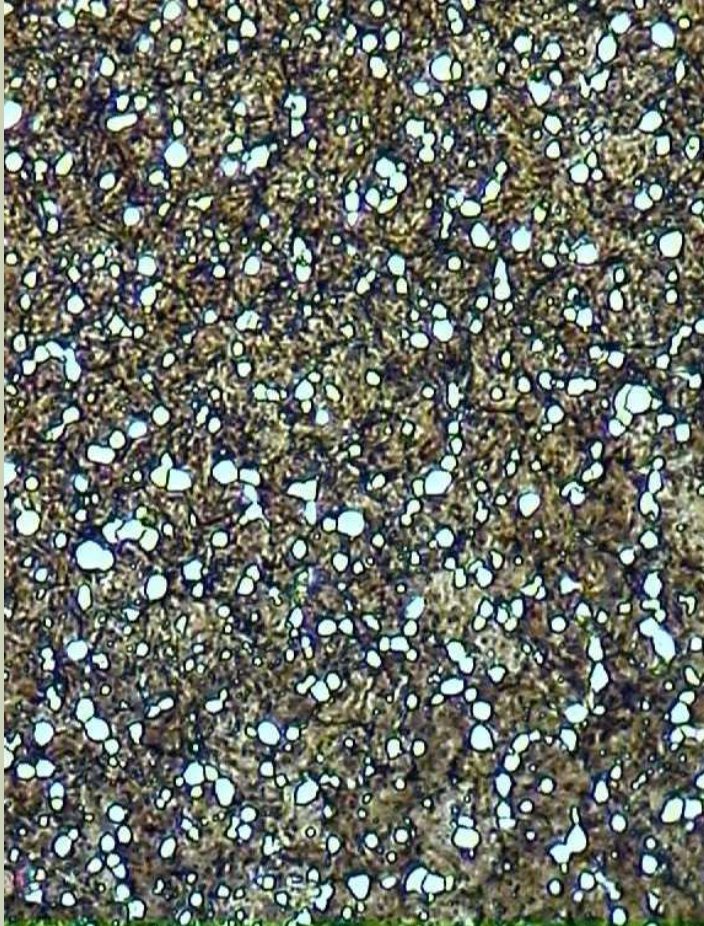
LA MICROESTRUCTURA DEL LADO IZQUIERDO PERTENECE A UN ACERO CONVENCIONAL TEMPLADO CON UNA RESISTENCIA AL IMPACTO DE 14 J, LA MICROESTRUCTURA DEL LADO DERECHO PERTENECE A UN ACERO PULVIMETALURGICO TEMPLADO CON UNA RESISTENCIA AL IMPACTO DE 43 J.





## IMPORTANCIA DEL TIEMPO DE TRATAMIENTO TERMICO DE TEMPLE

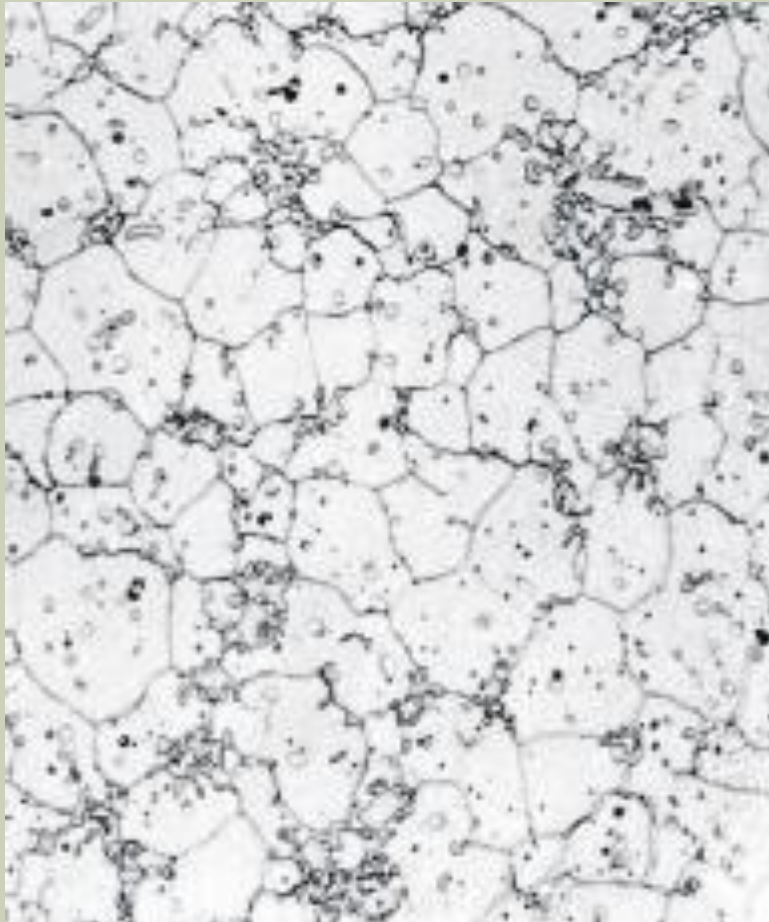
MICROESTRUCTURAS DE ACEROS HERRAMIENTA PULVIMETALURGICOS DE LA SERIE 'D2'  
LA MICROESTRUCTURA DEL LADO IZQUIERDO PERTENECE A UN ACERO CUYO TRATAMIENTO TÉRMICO SE REALIZO PARA UN TIEMPO CORRECTO DE PERMANENCIA Y TIENE CARBUROS GLOBULARES DE COLOR BLANCO, LA MICROESTRUCTURA DEL LADO DERECHO PERTENECE AL MISMO ACERO Y CON UN TIEMPO DE PERMANENCIA MAYOR DE TRATAMIENTO Y LOS CARBUROS DE COLOR CLARO HAN COAGULADOS EN REDES





# MICROESTRUCTURAS DEL TEMPLE Y DEL PRIMER REVENIDO DEL ACERO "D2"

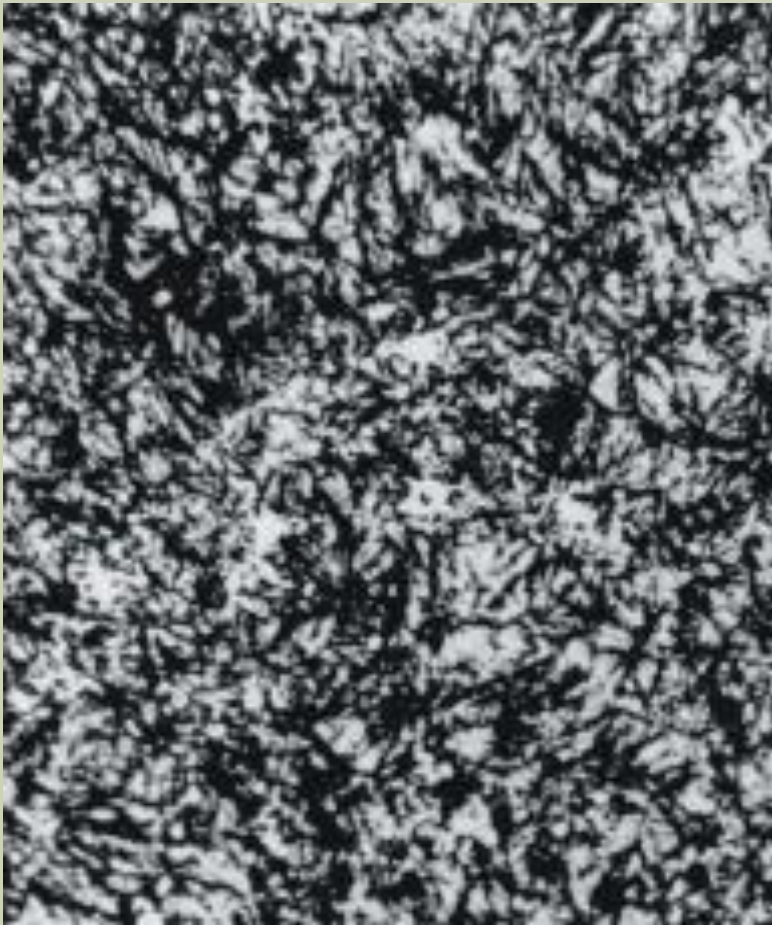
EN EL LADO IZQUIERDO SE OBSERVA LA MICROESTRUCTURA DEL TEMPLE CON UNA RESISTENCIA AL IMPACTO DE 0 J Y EN EL LADO DERECHO SE OBSERVA LA MICROESTRUCTURA DEL PRIMER REVENIDO CON UNA RESISTENCIA AL IMPACTO DE 11 J



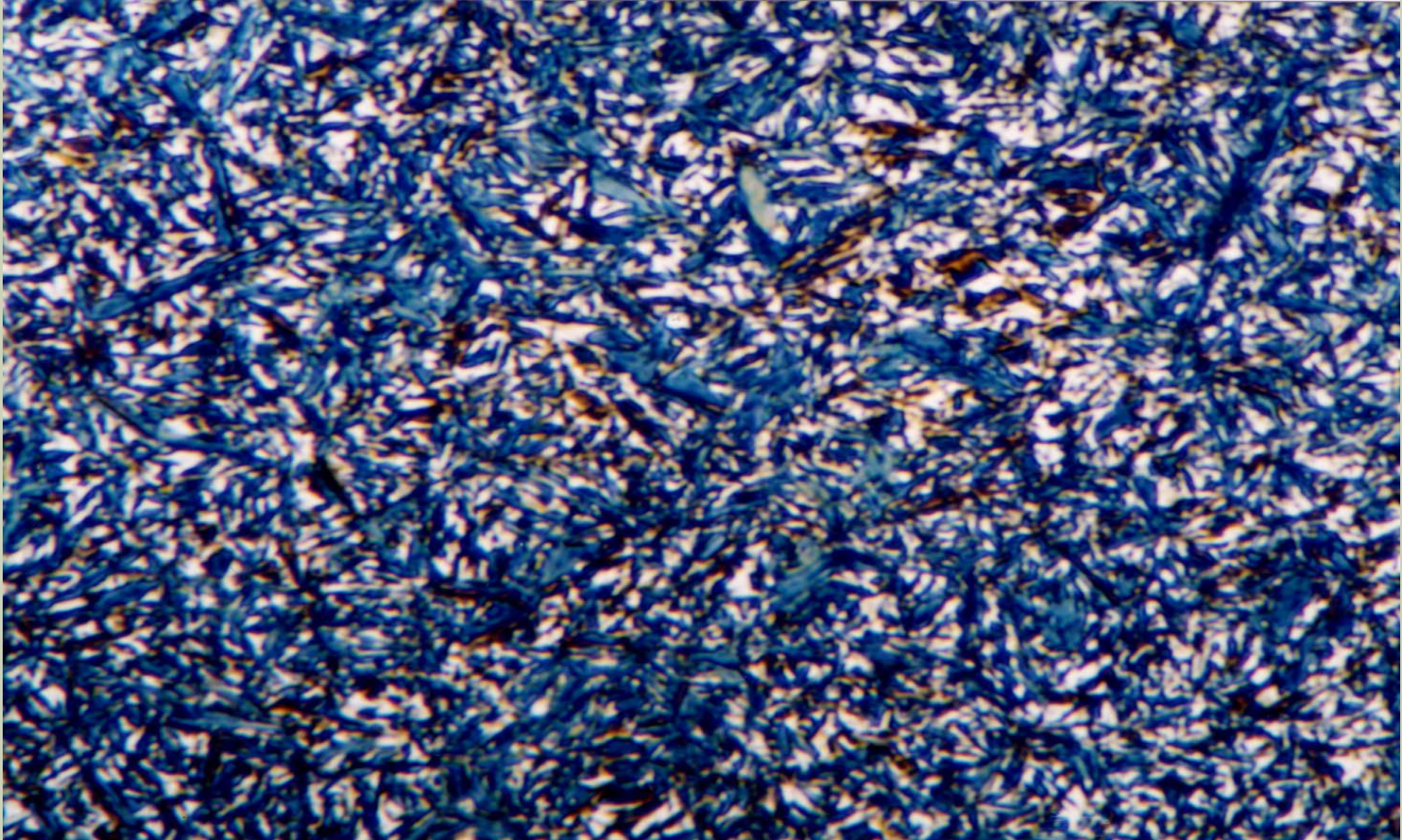


# MICROESTRUCTURA DEL SEGUNDO Y TERCER REVENIDO DEL ACERO "D2"

EN EL LADO IZQUIERDO SE MUESTRA EL DOBLE REVENIDO CO UNA RESISTENCIA  
AL IMPACTO DE 13 J Y EN EL LADO DERECHO SE MUESTRA EL TRIPLE REVENIDO  
CO UNA RESISTENCIA AL IMPACTO DE 28 J



**PRESENCIA DE AUSTENITA RETENIDA EN EL PRIMER  
REVENIDO DE UN ACERO HERRAMIENTA DE LA SERIE "D"**  
LA AUSTENITA HA SIDO COLOREADA DE COLOR AZUL POR EL REACTIVO  
UTILIZADO



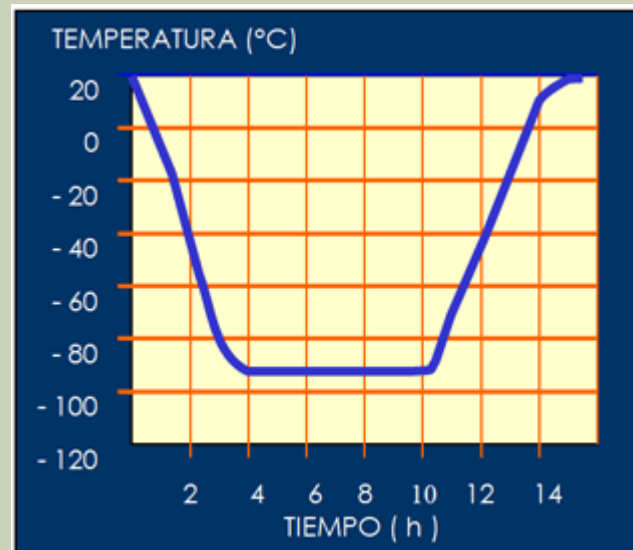
# TRATAMIENTO TÉRMICO SUBCERO EN EL ACERO HERRAMIENTA

## Tratamiento térmico subcero

Es un tratamiento que se realiza con la finalidad de transformar la austenita retenida que no se transformó durante el temple del acero herramienta, la transformación se realiza con la finalidad de aumentar su **resistencia al desgaste** y **aumentar su estabilidad dimensional**.

El rango de temperatura del tratamiento para poder convertir la austenita retenida en martensita varía entre  $-100^{\circ}\text{C}$  y  $-150^{\circ}\text{C}$

Después del tratamiento sub cero se realiza normalmente el revenido, de preferencia doble o triple revenido y en el maquinado final y durante su uso no ocurrirá ningún tipo de distorsión o variación dimensional.



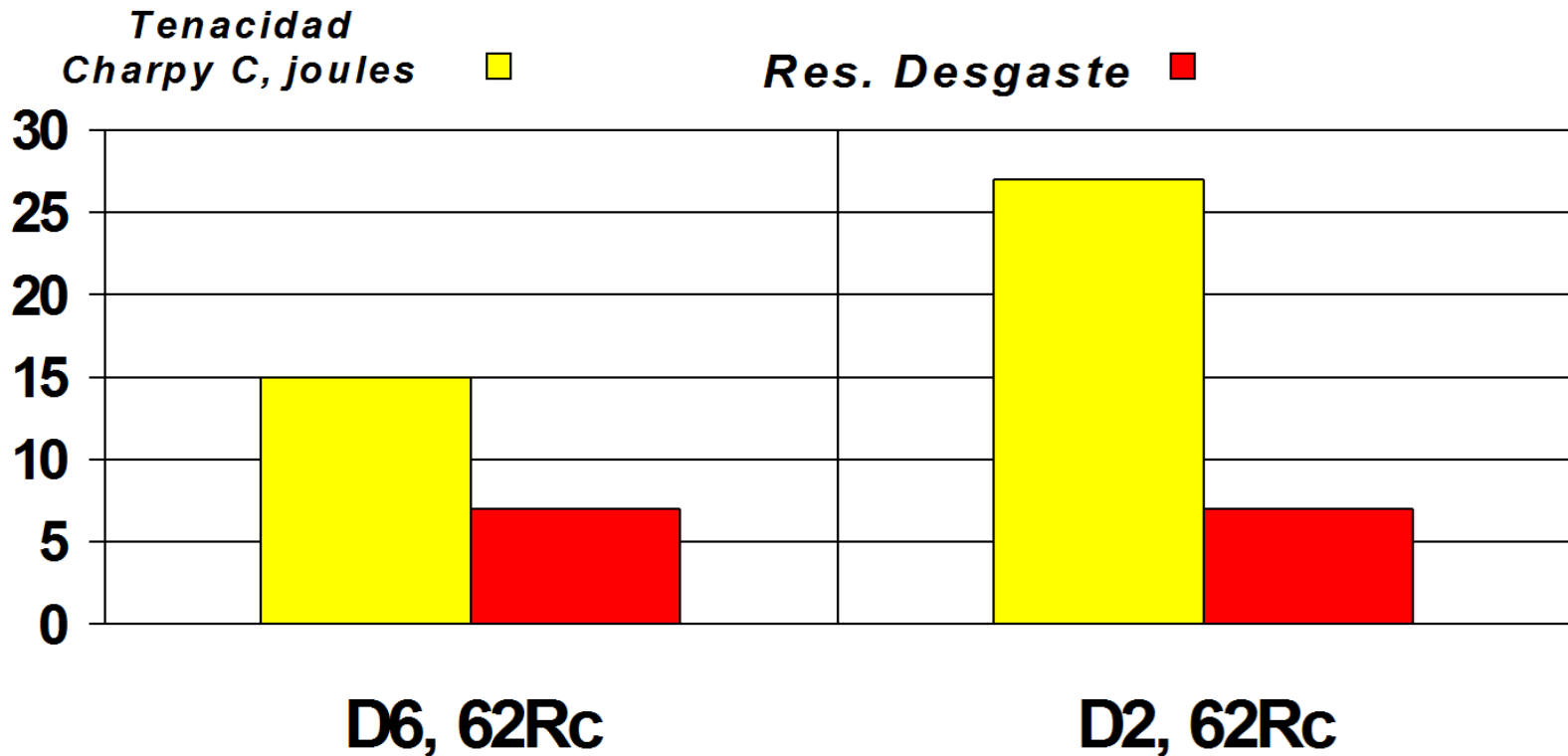
# PRODEDIMIENTO INDUSTRIAL DEL TRATAMIENTO TERMICO SUBCERO EN ACEROS HERRAMIENTAS

## Sub-Zero Treatment of Tool Steels

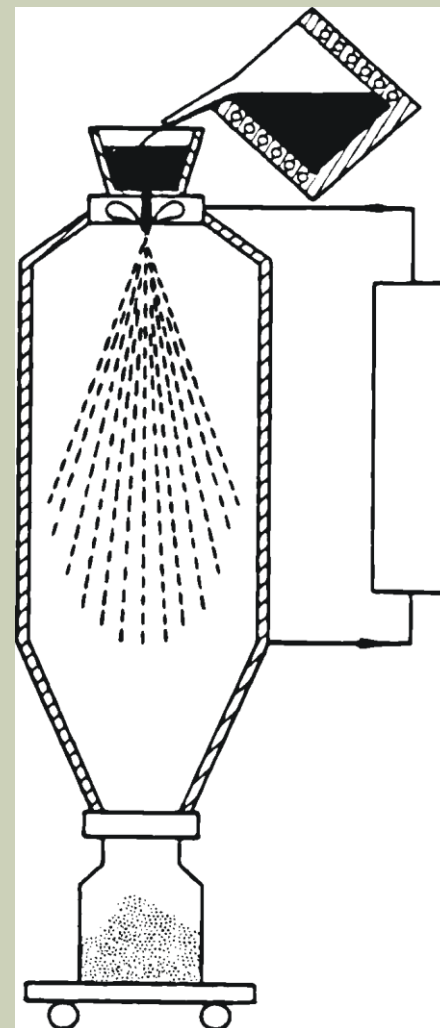
Procesos	Descripción	Parámetros	Objetivo
<b>Shrink fitting (ajuste por contracción)</b>	Overall contraction of metals when cooled allows tight assembly of parts	-70 to -120 C (-90 to -190 F) until metal is cold throughout	Temporary change in size
<b>Cold treatment of steels (tratamiento de aceros en frio)</b>	Complete martensitic phase transformation	-70 to -120 C (-90 to -190 F) for 1 hr. per 3 cm of cross section	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transformation of retained austenite to martensite</li> <li>• Increase hardness</li> <li>• Dimensional stability</li> </ul>
<b>Cryotreatment of steels (Tratamiento criogénico del acero)</b>	Cryotreatment temperatures can create sites to nucleate fine carbides that improve wear resistance in tool steels	-135 C (-210 F) and below for 24 hr. or longer	Improved wear resistance through carbide precipitation



# DIFERENTE VALORES DE TENACIDAD EN ACEROS DE LA SERIE "D" CON IDÉNTICA DUREZA Y CON LA MISMA RESISTENCIA AL DESGASTE



# TECNOLOGIA EN LA FABRICACION DEL ACERO HERRAMIENTA POR PULVIMETALURGIA

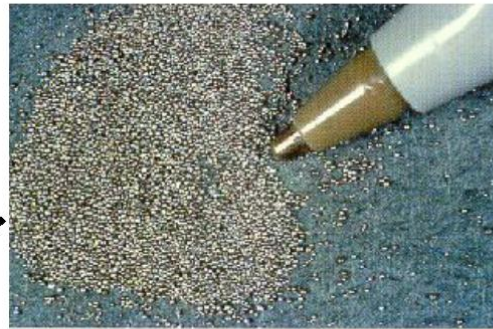


# PROCESO INDUSTRIAL EN LA PRODUCCION DEL ACERO HERRAMIENTA POR PULVIMETALURGIA

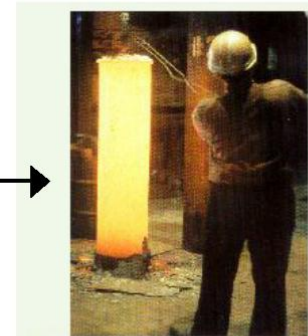
## *PROCESO CRUCIBLE CPM de Producción de Aceros Herramienta P/M (Solidificación Rápida / Pulvimetalurgia)*



**Atomización  
Gaseosa**

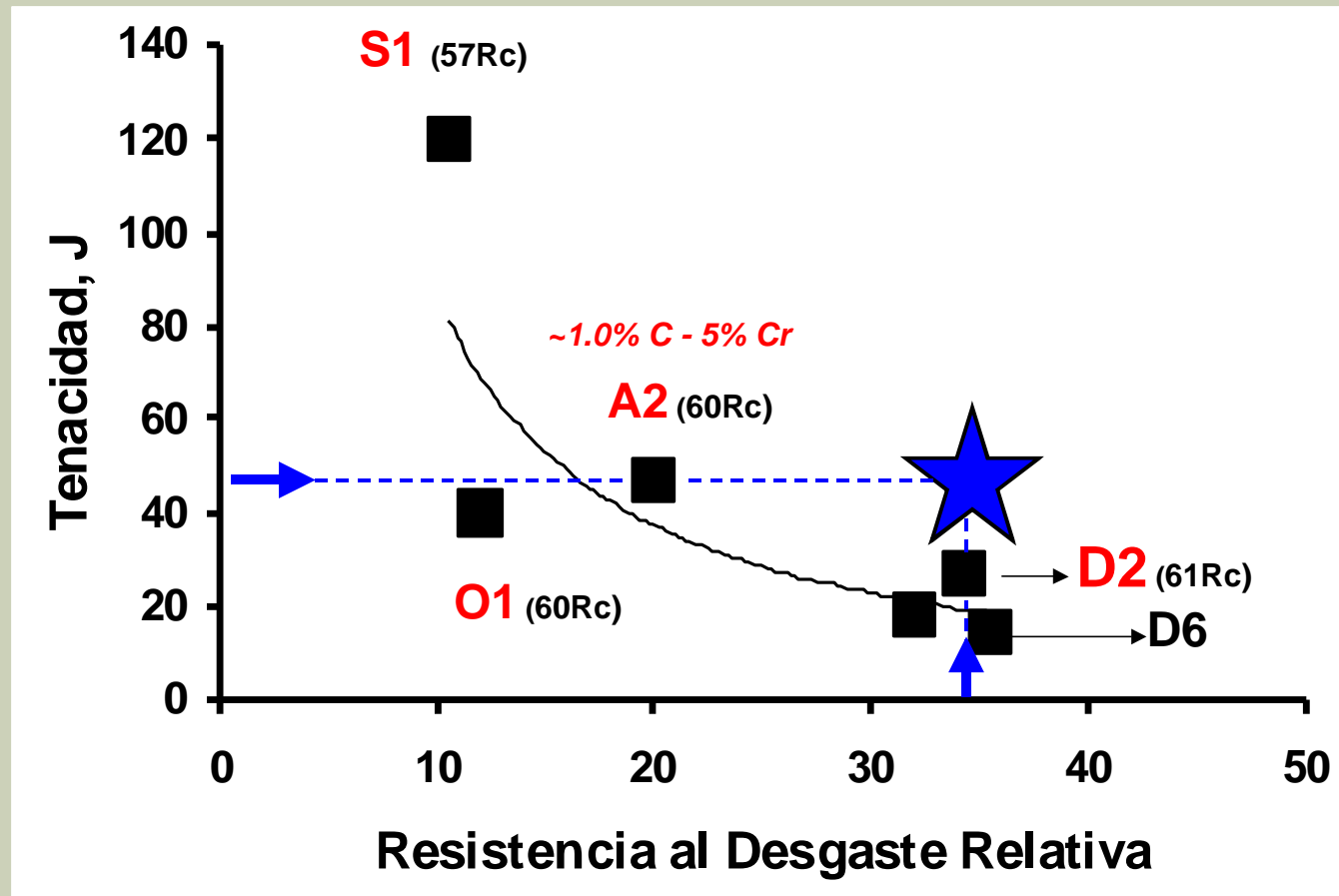


**Producción del  
Polvo**



**Compactación  
del Polvo vía HIP**

# TENACIDAD DEL ACERO HERRAMIENTA PULVIMETALURGICO COMPARADO CON ACEROS HERRAMIENTA CONVENCIONALES





# DIVERSAS HERRAMIENTAS FABRICADAS CON ACEROS HERRAMIENTAS

**Punzones**



**Cuchillas**



**Matrices**



# CUCHILLA DE ACERO HERRAMIENTA DE LA SERIE “D” UTILIZADA PARA EL RECICLADO DE PLASTICO



# PROPIEDADES QUE DEBEN CUMPLIR UN ACERO PARA SER USADO COMO HERRAMIENTA DE CORTE

<i>Resistencia adecuada</i>	<i>Propiedad Fisico/Metalurgica</i>
<i>Desgaste</i>	<i>Resistencia desgaste abrasivo / adhesivo</i>
<i>Despostillamiento (microfisuras de los bordes de corte)</i>	<i>Tenacidad /Resistencia fatiga de bajo ciclo</i>
<i>Rotura Total</i>	<i>Tenacidad microestructural</i>
<i>Deformación Plástica</i>	<i>Resistencia Compresion</i>
<i>Corrosion</i>	<i>Acero inoxidable</i>
<i>Estabilidad Dimensional</i>	<i>% quimica &amp; microestructura</i>

# DISTRIBUCION, TAMAÑOS Y DUREZAS DE CARBUROS EN ACEROS CONVENCIONALES Y ACEROS PULVIMETALURGICOS

## **DISTRIBUCIÓN Y TAMAÑO DE CARBUROS en Aceros AISI D6 y Acero CPM 10V**

